Canada

Reclamation Guidelines for Northern Canada

Reclamation Guidelines for Northern Canada

Prepared by:
Hardy BBT Limited
Calgary, Alberta

for:
Land Resources, Northern Affairs Program

Indian and Northern Affairs Canada
Affaires indiennes et du Nord Canada

Published under the authority of the
Hon. Bill McKnight, P.C., M.P.,
Minister of Indian Affairs and
Northern Development,
Ottawa, 1987.

QS-8404-000-EE-A1
Catalogue No. R72-201/1987E
ISBN 0-662-15735-4

©Minister of Supply and Services Canada

Cette publication peut aussi être obtenue en français sous le titre:

Directives de régénération des sols perturbés dans le Nord Canadien.

Table of Contents

Preface iv

Chapter 1: Introduction 1

- Purpose of the Handbook 1
- What is Reclamation? 1
- Why Reclaim? 1
- Handbook Organization 2

Chapter 2: Northern Environment 3

- Reclamation in the North 3
  - Growing Season 3
  - Permafrost 3
- Reclamation Regions 4
  - Polar Desert 5
  - Tundra 7
  - Woodland 9
  - Forest 9

Chapter 3: Planning 10

- Determining Broad Reclamation Requirements 10
- Development of a Reclamation Plan 11
- Reclamation Worksheet 16

Chapter 4: Drainage and Erosion Control 21

- Slope Contouring 21
  - Side Slopes without Permafrost 21
  - Side Slopes with Permafrost 22
- Establishment of Drainage and Erosion Control Structures 23
  - Diversion Berms 23
  - Drainage Ditches 25
  - Erosion Control Blankets 26

Chapter 5: Revegetation 27

- Surface Preparation and Soil Replacement 27
- Timing of Seed and Fertilizer Application 28
- Methods of Seed and Fertilizer Application 29
- Use of Woody Plants 30
  - Soil Conditions 30
  - Collection of Cuttings 30
  - Storage Methods 31
  - Planting 31

Chapter 6: Seed Mixture and Fertilizer Recommendations 32

- Seed Mixture Recommendations 32
  - Rate of Seeding 33
  - Use of Annuals 33
  - Ordering Seed 33
- Fertilizer Recommendations 33

Chapter 7: Monitoring 35

Recommended References 37

Appendix A — Expressions of a Slope 38

Appendix B — Seed Mix and Fertilizer Conversion Table 38

Appendix C — List of INAC Offices 39

Glossary 40

Preface

Resource exploration and development in northern Canada involves a range of land use activities, including the construction and maintenance of access roads, the clearing and preparation of hydrocarbon well sites, and the opening of borrow pits and rock quarries. To help the operators of small-to-medium scale projects carry out their activities in an environmentally acceptable manner, Indian and Northern Affairs Canada (INAC) has prepared a series of handbooks keyed to the operating conditions attached to Land Use Permits. To date, four handbooks have been published: "Environmental Guidelines Pits and Quarries", "Land Use Guidelines Mineral Exploration", "Land Use Guidelines Access Roads and Trails", and "Environmental Operating Guidelines: Hydrocarbon Well-sites in Northern Canada". By following the guidelines in these handbooks, the construction and operations phases of most projects can be carried out with minimal environmental impact.

This handbook, the fifth in the series, is designed to assist operators in reclaiming lands disturbed during project construction. It incorporates information gained from reclamation in northern Canada since 1970. This information was updated for INAC by Hardy BBT Limited during a 1984 field program which examined and assessed reclamation success at approximately one hundred sites in Northwest Territories and Yukon.

The study team received valuable assistance and guidance from the Steering Committee composed of Chris Cuddy, Sue Cramp, Ed Hornby, and Marg Crombie from Land Resources, Northern Affairs Program, Indian and Northern Affairs Canada.

The handbook was prepared by Hardy BBT Limited, Calgary, Alberta. Technical sections were written by W. E. Younkin, H. E. Martens, and A. J. Hanna. The handbook was compiled and edited by J. D. Howell.

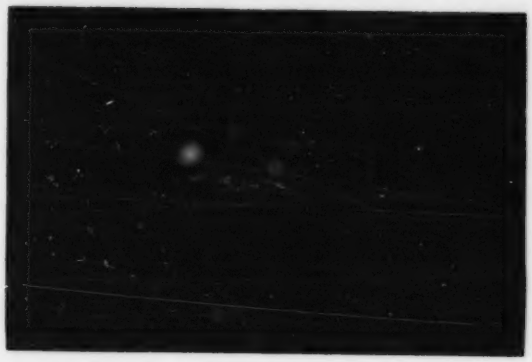
GUIDELINES PRESENTED HEREIN ARE SUBORDINATE TO ALL ACTS, ORDINANCES, AND REGULATIONS.

Chapter 1
Introduction

PURPOSE OF THE HANDBOOK

This handbook is written to assist contractors and operators of small-to-medium scale projects address Land Use Permit and Lease Conditions which deal with erosion control and land restoration. It is also written to assist Resource Management Officers in advising contractors and operators and inspecting land use sites. This handbook is meant to complement the other handbooks in the series and should be used in conjunction with the appropriate one for a given project.

The procedures contained herein deal with northern Canada where, because of the permafrost and short growing season, reclamation techniques can differ from those used in southern Canada. The handbook addresses reclamation situations where relatively simple reclamation techniques can be used. It does not apply to the reclamation of areas such as drilling mud sumps and mine tailings ponds where complex soil chemistry problems may require assessment by technical specialists.



• **properly reclaimed construction camp site**

WHAT IS RECLAMATION

Reclamation is any process which promotes soil conservation and returns land to a productive state. Generally, physical and biological methods are employed in achieving reclamation goals. The physical methods are directed at maintaining the stability of the soil surface and may consist of surface contouring, and drainage and erosion control structures. The biological methods are directed at re-establishing a vegetative cover to help stabilize the soil. The term "restoration" as used in the INAC Land Use Operating Conditions implies reclamation as defined here.

• **seeding as part of borrow pit reclamation**

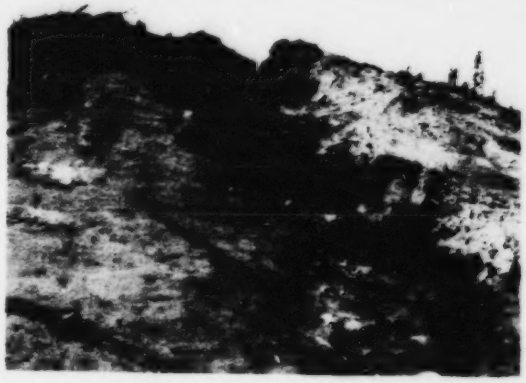
WHY RECLAIM?

There are several reasons for reclaiming disturbed sites.

(1) Reduction of soil erosion – Soil is a valuable resource and where it is lost, reclamation will be more difficult and costly.

(2) Facility integrity – Reclamation can assist in protecting structures such as roads, pipelines, and earthworks by maintaining surface stability.

(3) Disturbance minimization – Reclamation can confine disturbances to the project area and protect downstream and downslope areas from the effects of erosion and sedimentation.

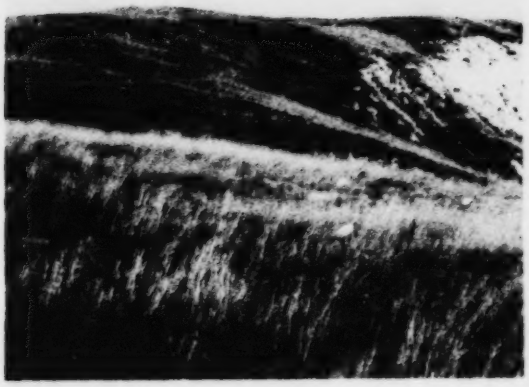


• **without reclamation, borrow pit sides are eroded**

(4) Maintenance savings – If the project area is stabilized as part of reclamation, the need to return to the site for maintenance is minimized. This may be particularly important in isolated areas where it may be expensive to move maintenance equipment to the site.

(5) Habitat recovery assistance – Reclamation can promote the recovery of natural habitat by stabilizing the surface and protecting the soil so that invasion by natural vegetation can occur.

(6) Aesthetics – Reclamation can be used to improve the appearance of disturbed areas, especially those areas visible from public roads.



• **a revegetated overburden dump**

HANDBOOK ORGANIZATION

Chapter 2 discusses reclamation in the context of the northern environment, identifying factors affecting reclamation success and modifications of reclamation procedures to achieve optimum results.

Chapters 3 through 7 address reclamation in northern Canada sequentially from the planning stage (Chapter 3) through the construction of drainage and erosion control measures (Chapter 4) and revegetation procedures (Chapter 5), to seeding recommendations (Chapter 6) and monitoring activities (Chapter 7). A worksheet for use during planning is included at the end of Chapter 3.

The final portion of the handbook presents a list of recommended references, a slope table, a seed mix and fertilizer conversion table, a list of INAC offices, and a glossary of reclamation terms.

• **this coal tailings pile, visible from a major road, has been reclaimed for aesthetic reasons**

Chapter 2
Northern Environment

The land north of 60° includes a wide range of vegetation, terrain, and climatic conditions. As one moves northwards, coniferous forest gradually gives way to open woodland, tundra, and polar desert in response to increasingly cooler and drier conditions. Much of the land is flat to gently rolling, yet large portions are covered by mountain ranges that extend arctic tundra conditions southwards into the forest region. Permafrost, which underlies much of the land is continuous and close to the surface in the north and discontinuous and at greater depths in the south.

RECLAMATION IN THE NORTH

Although many of the principles of reclamation applicable to southern areas can be applied in the North, they must be modified in response to two northern characteristics: permafrost and a short, cool growing season. The first influences terrain stability and drainage and erosion control measures while the second has a significant affect on revegetation efforts.

• reclamation would have prevented this slumping

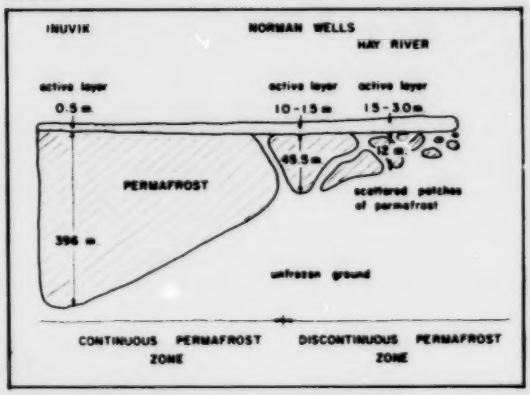
Growing Season

The growing season in the north is generally confined to the months of June, July, and August. It is during these relatively short, cool summers punctuated by frequent frosts that most of the vegetative growth occurs and revegetation success is determined. As a result of the cooler climate and short growing season, soils are poorly developed and generally low in plant nutrients.

Seeded species must be able to germinate and establish quickly during the short growing season – those that can not will not survive the harsh northern winter. Most species adapted to southern regions are not able to establish and survive in this environment. The number of northern revegetation species commercially available decreases toward the north until, in the Polar Desert, there are no known commercial species suitable for revegetation.

Permafrost

Permafrost is ground that remains frozen through at least two consecutive winters and the intervening summer. It can consist of mineral soil, organic soil, or rock, and can be either ice-free or ice-rich. Permafrost varies in thickness from a few centimetres near the southern limits of its range to several hundred metres in the north. An annually thawed zone, called the active layer, overlies the permafrost. This active layer varies in thickness from 20 to 60 cm in the north to several metres in the south.



• continuous and discontinuous permafrost
• active layer

Permafrost is found across northern Canada. Its distribution is divided into two zones: the continuous zone and the discontinuous zone. In the continuous zone, permafrost is present under all land surfaces; active layers are thin and permafrost is thick. In the discontinuous zone, permafrost is found under certain conditions only. In the northern portions of this zone, the permafrost is widespread; in the southern portions it is scattered. Discontinuous permafrost also occurs in the Cordillera, south of the permafrost limit. The typical locations of permafrost in the discontinuous zone are on north-facing slopes, within muskeg, and on shaded terrain with minimal snow cover.

Permafrost often impedes internal drainage and, with the exception of slopes, soils are saturated during much of the growing season. Natural drainageways are often subtle and ill defined, yet boggy ground developed over

permafrost can release erosive flows of water during much of the growing season. These factors make drainage and erosion control planning difficult.

- **thaw-sensitive permafrost will slump and flow when disturbed**

The organic mat insulates permafrost, protecting it from thawing. Any activity which disturbs this mat may result in thawing and slumping of the surface which, in severe cases, may render drainage and erosion control measures useless. The extent of thawing and slumping will depend on whether the permafrost is thaw unstable or thaw stable. Thaw-unstable permafrost loses its strength when thawed due to the melting of excess ice in the soil. Thaw-stable permafrost contains little or no ice and when the permafrost thaws, slumping is minimal to non-existent. As a rule-of-thumb, if lenses, layers, veins, or masses of ice are visible in a soil, it is thaw-unstable.

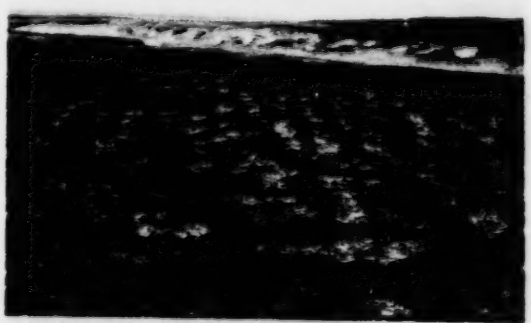
RECLAMATION REGIONS

Four northern reclamation regions can be identified on the basis of a general uniformity in climate and natural vegetation: Polar Desert, Tundra, Woodland, and Forest. The distinctions between the regions are not always clear cut and pockets of one region may occur within another. Determine which region your project area is in through discussions with your Land Use Inspector.

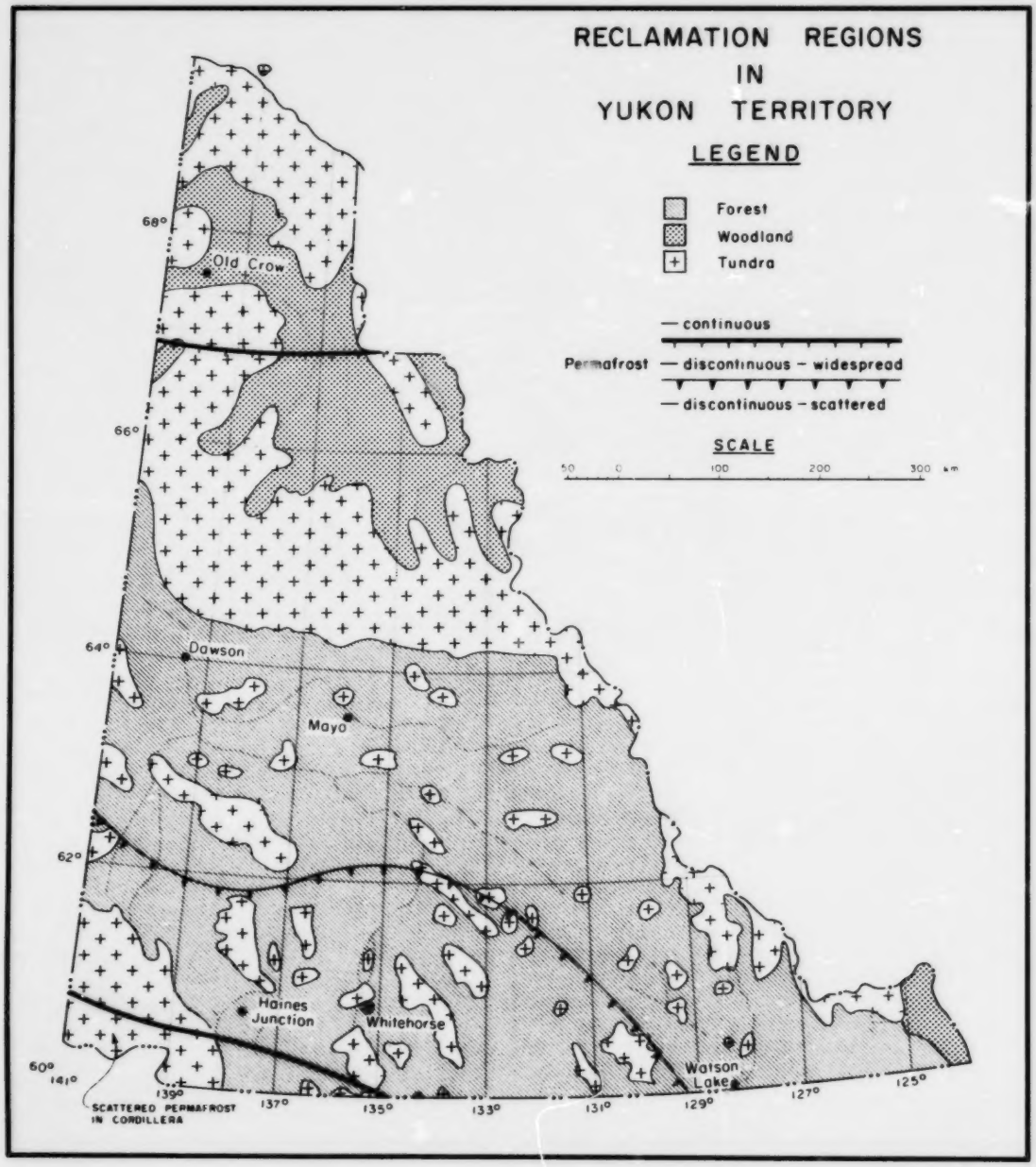
Each of the regions has somewhat different limitations to reclamation and reclamation practices have to be modified accordingly.

Polar Desert

The Polar Desert encompasses most of the arctic islands. The vegetation cover is generally incomplete and ranges from a sparse covering of lichens and low-growing cushion plants, in better drained areas, to sedges and grasses in wetter sites. The growing season is extremely short and cool, with only 30 frost-free days each year and monthly temperatures during this period averaging 0° to 4°C. Although growing season precipitation averages less than 50 mm, soils are generally saturated due to the presence of permafrost within 50 cm of the surface. Unlike areas further to the south, the organic mat, where present, plays only a minor role in insulating permafrost and its disturbance or removal does not generally result in severe thawing or slumping. Because of the severe environment, no revegetation species have been identified for this region, limiting reclamation practices to drainage and erosion control.



• typical Polar Desert landscape


RECLAMATION REGIONS
IN
YUKON TERRITORY
LEGEND
Forest
Woodland
Tundra
Permafrost
— continuous
— discontinuous – widespread
— discontinuous – scattered
SCALE
50 0 100 200 300 km
68°
66°
64°
62°
60°
Old Crow
Dawson
Mayo
Haines Junction
Whitehorse
Watson Lake
141°
139°
137°
135°
133°
131°
129°
127°
125°
SCATTERED PERMAFROST IN CORDILLERA

• **revegetation practices have little success in the Polar Desert**

• **typical Tundra landscape**

Tundra

The Tundra extends north from the tree line to the arctic coast and includes some of the southern portions of the arctic islands. Areas above treeline in mountain ranges are also included in this region. The vegetation cover is nearly complete and includes dwarf shrubs, heaths, sedges, grasses, mosses, and lichens. Better-drained areas are typified by dwarf birch and willow shrubs grading to cottongrass tussocks and wet sedge meadows. The growing season is short and cool with mean monthly temperatures ranging from 3° to 9°C. The frost-free period averages 83 days. Growing-season precipitation averages less than 100 mm. Permafrost, however, is generally less than 1 m from the surface, impeding internal drainage and keeping all but those soils on steep slopes moist-to-wet.

As in the Polar Desert, permafrost is continuous and in many areas is ice rich. The organic mat and vegetation cover are important in protecting the permafrost from thawing and when they are disturbed subsidence and slumping can result. Because of this, the installation of drainage and erosion control measures in ice-rich permafrost must be done with a minimum of surface disturbance. Natural vegetation recovery following disturbance is slow in this region, however assisted revegetation is possible using appropriate species and seed mixes.

RECLAMATION REGION	CHARACTERISTIC VEGETATION	PERMAFROST CHARACTERISTICS	RECLAMATION CONSIDERATIONS
Polar Desert	Better-drained sites support lichens and low-growing cushion plants. Wetter sites support sedges and grasses. Vegetation cover is incomplete.	Permafrost is continuous. Active layers are 20-60 cm. The organic mat plays only a minor role in insulating the surface.	Disturbance to the organic mat during the installation of drainage and erosion control measures is not a problem. No revegetation species identified.
Tundra	Better-drained sites support dwarf birch and willow shrubs. Wetter sites support cottongrass tussocks and wet sedge meadows. Vegetation cover is nearly complete.	Permafrost is continuous. Active layers are 40-100 cm. The organic mat and vegetation cover are important in insulating the surface.	Installation of drainage and erosion control measures in ice-rich permafrost must be done with a minimum of disturbance to the organic mat. Natural vegetation recovery is slow; assisted revegetation is possible.
Woodland	Better-drained sites support open park-like stands of black spruce, white spruce, and tamarack with alder and willow shrubs. Wetter sites support extensive areas of black spruce bogs and sedge-dwarf birch fens. Vegetation ground cover often consists of light-coloured lichens alternating with patches of grassy or shrubby vegetation or with rocky barrens.	Permafrost is continuous in the northern part of the region only; and is discontinuous throughout the rest of the region. Active layers are 80-200 cm. The organic mat and vegetation cover are important in insulating the surface.	Unprotected areas, even on gentle slopes, can be subject to severe erosion during spring breakup. Great care need be taken in the design and placement of drainage and erosion control devices because of the variable ice content of the permafrost. A number of commercial revegetation species have been identified for the area.
Forest	Major tree species include white and black spruce, jack pine, tamarack, white birch, aspen, and balsam poplar. Most the region is covered by forest, although there are large areas of bog and fen on water sites.	Permafrost is discontinuous. Active layers are 100-200 cm, in general, but shallower in poorly-drained organic soils.	Unprotected areas, even on gentle slopes, can be subject to severe erosion during spring breakup. Great care need be taken in the design and placement of drainage and erosion control devices because of the variable ice content of the permafrost. A number of commercial revegetation species have been identified for the area.

Woodland

The Woodland region covers an extensive area south of the treeline. It is composed of muskeg intermixed with open stands of dwarfed trees and local patches of denser, taller trees in protected sites. Better-drained areas support open park-like stands of black spruce, white spruce, and tamarack with alder and willow shrubs. Wetter areas support extensive black spruce bogs and sedge-dwarf birch fens. Although generally found on level terrain, woodlands also occupy the slopes of the mountains along the Yukon – Northwest Territories boundary and the Ogilvie Mountains – Eagle Plains in northern Yukon. The growing season is cool, with mean monthly temperatures averaging between 10° and 14°C. Permafrost is continuous only in the northern part of the region. Active layers range from 80 to 200 cm. A blanket of peat covers much of the surface except on slopes where shallow active layers and solifluction largely prevent its development. As in the Tundra region, the permafrost is protected by the organic layer and is subject to thawing and slumping where the layer is disturbed.

Although much of this region is relatively flat and featureless, careful planning for drainage and erosion control is necessary. Large volumes of water move across the region during spring breakup and unprotected mineral soils, even on gently sloping terrain, can be subject to severe erosion. A number of revegetation species have been identified to provide both short- and long-term protection for mineral soils in the region. Organic soils, located on stable, flat-to-depressional terrain, are not as susceptible to erosion and assisted revegetation is generally not given a high priority.

• typical Woodland landscape

Forest

The Forest region lies predominantly to the south of the Woodland except in the Mackenzie River Valley and around Great Slave Lake where it extends northwards due to the moderating effects of the waterbodies. Most of the region is covered by forest although there are large areas of bog and fen, particularly in the vicinity of Fort Simpson. Major forest species include spruce, pine, birch, aspen, and poplar. This region has the most moderate growing season conditions in the North, with mean monthly temperatures ranging from 13° to 15°C and monthly precipitation ranging from 40 to 50 mm. Sawlog-sized timber is not uncommon on the medium-textured soils of flood plains along the larger rivers (Mackenzie, Liard, Arctic Red, etc.).

Permafrost is discontinuous in this region and active layers are often greater than 2 m. On better-drained sites, especially in the south, soils are free of permafrost and relatively thick. On poorly-drained sites, organic soils have developed and permafrost is often present near the surface. Except for the occurrence of permafrost, the reclamation potential of this region is similar to boreal forest regions in the rest of Canada. However, because slight changes in slope, aspect, and drainage can greatly affect the presence and ice content of permafrost, care needs to be taken in the design and placement of drainage and erosion control devices. Here, as in the Woodland, drainage patterns can be subtle and spring run-off intense. Areas of even minor relief can be subject to erosion which will be compounded by the presence of permafrost. Because of the milder climate, soils are much better developed than in the other reclamation regions and are often suitable for salvage. A large number of species are available for revegetation, many of which can provide a relatively high level of first year cover.

• typical Forest landscape

Chapter 3
Planning

Reclamation should be considered throughout a project's life, not only in the final stages. The development of a reclamation plan prior to construction will not only minimize the impact of the project but will increase the cost efficiency of final reclamation.

PLANNING, PRIOR TO CONSTRUCTION, MINIMIZES RECLAMATION EFFORTS LATER.

Guidelines on developing a reclamation plan will be presented in this chapter. A worksheet to use when developing a reclamation plan appears at the end of the chapter.

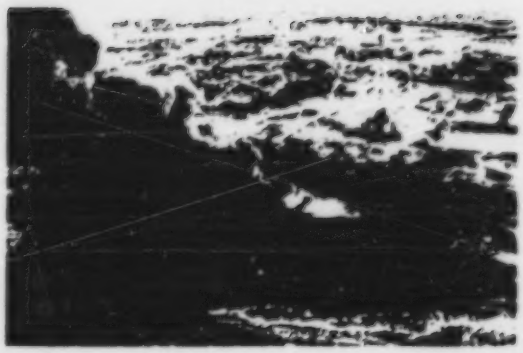
DETERMINING BROAD RECLAMATION REQUIREMENTS

Reclamation requirements will depend upon the purpose of the reclamation and the reclamation region in which the project is located. The following questions will assist in determining the purpose and level of reclamation activity required.

IS SURFACE EROSION ANTICIPATED TO BE A PROBLEM? IS THE SITE BEING RECLAIMED TO ENSURE TERRAIN STABILITY?

In areas where clearing and construction will result in bare slopes of easily erodible material or where permafrost will be exposed to thawing, specific reclamation plans will be required to maintain terrain stability and prevent erosion. If, however, the project occurs in a region where the potential for erosion is negligible and the area is expected to revegetate naturally, reclamation may not be necessary. If you think your project falls in this category, discuss it with your Land Use Inspector.

- **fisheries habitat will be damaged if this right-of-way is not reclaimed**



- **site clean up was sufficient to restore this well site in the Polar Desert (top photo) to a near-natural condition (bottom photo)**

IS THE ASSISTANCE OF HABITAT RECOVERY A MAJOR GOAL?

Projects occurring in or near good fish or wildlife habitat should be reclaimed such that comparable habitat is encouraged to establish. In these instances, emphasis will be placed on revegetation and both sloping and level terrain will require reclamation.

ARE AESTHETICS IMPORTANT?

In highly visible areas, the aesthetics of the disturbed land may be important. In these cases, contouring, drainage and erosion control, and revegetation may all receive equal emphasis.

• a properly reclaimed right-of-way improves aesthetics

DEVELOPMENT OF A RECLAMATION PLAN

Before developing the reclamation plan for your project, you should have decided what the desired post-reclamation landscape will be. This will have evolved from the earlier exercise of identifying the reclamation requirements. Early identification of the post-reclamation landscape will aid in the planning of certain construction activities, such as grading and spoil disposal, so that the amount of post-construction activity will be minimized.

The development of a reclamation plan consists of six steps:

(1) Identify the type, location, and extent of the surface disturbance.

(2) Determine surface conditions following disturbance.

(3) Determine soil handling procedures.

(4) Determine drainage and erosion control requirements.

(5) Determine revegetation requirements.

(6) Schedule reclamation and order materials.

Although it appears that a great deal of information is required, most will be available as part of the normal pre-construction planning for a project. Each step is explained below and the information to be collected is listed on the reclamation worksheet at the end of the chapter.

INFORMATION FOR RECLAMATION PLANNING IS COLLECTED AS PART OF GENERAL PROJECT PLANNING.

(1) Identify the Type, Location, and Extent of the Surface Disturbance

DETERMINE THE TYPES OF SURFACE DISTURBANCE EXPECTED

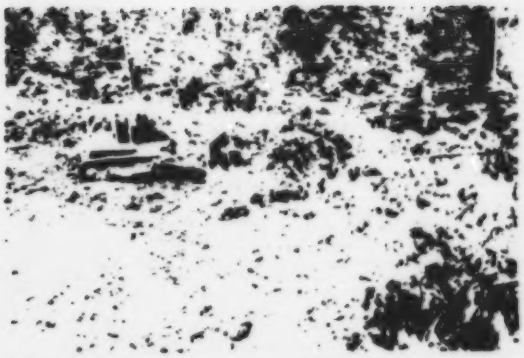
For the purposes of reclamation, surface disturbances resulting from project activities can be classified into two types:

(a) Those with minimal disruption of the soil surface

(b) Those with major disruption of the soil surface such as excavation or extensive grading

Most projects are likely to have both types present to some degree. The type of disturbance is one factor in evaluating drainage and erosion control requirements. It will also determine whether assisted revegetation is required or natural recovery is sufficient. Surfaces with minimal disruption may revegetate naturally while those with major disruptions such as excavation or grading, will likely require some type of revegetation assistance.

• sites cleared with minimal surface disruption may revegetate on their own



• **sites that are extensively graded will require revegetation assistance**

MINIMIZE RECLAMATION REQUIREMENTS THROUGH PROPER FACILITY SITING

The location of the disturbance plays an important role in determining reclamation requirements. To minimize reclamation efforts later, the following goals should be kept in mind during project planning and development:

(a) Confine surface disruption and excavation to level or gently sloping terrain.

(b) Avoid surface disruption and excavation in ice-rich permafrost and fine-grained, poorly-drained soils.

(c) Locate stream crossings at sites with gentle approaches and coarse-grained soils.

(d) Locate structures at camps and well sites as close together as site conditions, licences, and Land Use Terms and Conditions allow.

MINIMIZE THE EXTENT OF THE AREA DISTURBED

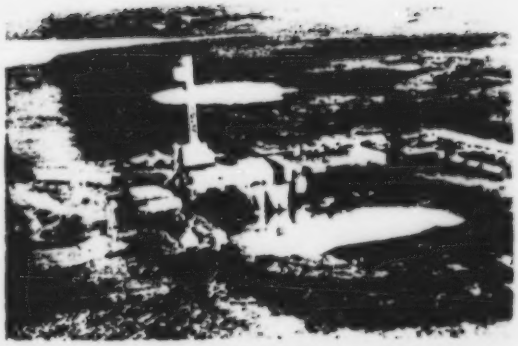
The size of the disturbed area partially determines the reclamation requirements and the cost of reclamation. To minimize the disturbance:

(a) Restrict clearing to the minimum area needed for development.

(b) Plainly mark the area to be cleared.

(c) Confine construction activities to the cleared area.

INDICATE THE AREA TO BE DISTURBED AND THE TYPE OF DISTURBANCE ON MAPS AND PHOTOS OF THE PROJECT AREA.



• **locate facilities as close together as site conditions, licences, and Land Use Terms and Conditions allow**

(2) Determine Surface Conditions Following Disturbance

Following disturbance, five components of surface conditions will play a major role in determining reclamation requirements:

(a) Degree of slope

(b) Type of soil

(c) Soil texture

(d) Soil moisture status

(e) Presence or absence of permafrost

GRADES GREATER THAN 5 PERCENT MAY REQUIRE EROSION CONTROL

Disturbed surfaces on grades greater than 5 percent* may require erosion control measures to ensure surface stability while a plant cover is established (Chapter 4).

ORGANIC SOILS MAY NOT REQUIRE EROSION CONTROL MEASURES; MINERAL SOILS PROBABLY WILL

Organic soils generally develop on level terrain and have a low erodibility. If disruption of the surface is minimal, erosion control measures may not be required and natural revegetation may be adequate. If, however, the organic soil has been pulverized or slurried and concentrated flows of water are anticipated, such as during spring breakup, erosion control measures will be necessary and assisted revegetation may also be required.

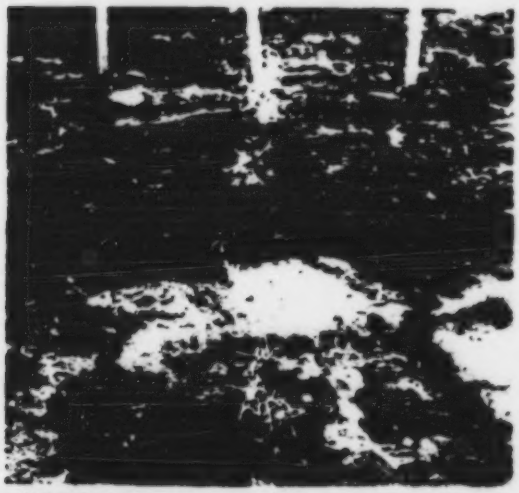
* Throughout the handbook, slopes are described in terms of percent grade. See Appendix A for a table comparing slope grades, angles, and ratios.

• **erosion control measures will be necessary for the slurried organic soil on the right of the photograph**

Mineral soils are generally more erodible than organic soils and will likely require erosion control measures and assisted revegetation.

GRAVELLY AND SANDY SOILS ARE LESS ERODIBLE THAN SILTY AND CLAYEY SOILS

Soil texture plays a role in soil erodibility and moisture holding capacity and, therefore, the type of reclamation measures required. Gravelly and sandy soils tend to be less erodible and have a lower soil-moisture storage capacity than silty and clayey soils. As a result, they will generally require less extensive erosion control measures but more extensive revegetation assistance than silty and clayey soils.



• **this mineral soil requires erosion control and revegetation**

DETERMINE SOIL MOISTURE STATUS

Seed mixtures within a given reclamation region should be selected on the basis of the soil moisture status of the surface to be revegetated (Chapter 6). Two broad ranges of soil moisture are used in making seed selection: dry-to-moist and moist-to-wet (including soils flooded in spring).

DESCRIBE PERMAFROST CHARACTERISTICS

Permafrost characteristics (Chapter 4) will affect the type and extent of drainage and erosion control measures required and will also partially determine the soil moisture status.

INDICATE SURFACE CONDITIONS ON MAPS AND PHOTOS OF THE DEVELOPMENT AREA

(3) Determine Soil Handling Procedures

STRIP AND STORE SOIL FOR USE IN RECLAMATION

In almost all cases the surface soil is the best material for revegetation and should be salvaged when excavation or deep grading is required. To efficiently salvage this material, the following should be determined:

(a) Where to strip

(b) How deep to strip

(c) Where to store the stripped soil

(d) Where to reapply the stripped soil

STRIP SOIL FROM AREAS REQUIRING EXCAVATION OR DEEP GRADING

Soil should be stripped from excavations such as borrow pits, sumps, and mines; and areas of extensive grading.

- **strip and save surface soil for re-application prior to revegetation**

STRIP THE TOP 15 TO 40 cm OF THE SOIL

The material that should be stripped is that portion of the soil with the majority of plant roots. This is usually the top 15 to 40 cm.

STORE THE STRIPPED SURFACE SOIL SEPARATELY FROM THE SUBSOIL

The stripped soil should be stored separately from excavated subsoil to prevent mixing. Storage sites are best located on dry, level ground and where they will not interfere with development or become contaminated.

INDICATE AREAS OF SURFACE SOIL STRIPPING, STORAGE, AND REAPPLICATION ON MAPS AND PHOTOS OF THE DEVELOPMENT AREA

(4) Determine Drainage and Erosion Control Requirements

Once the surface disturbance has been characterized, the surface conditions described, and the materials-handling procedures developed, drainage and erosion control requirements can be determined. These will have to be determined for any soil storage piles as well as the disturbed area itself. Drainage and erosion control is discussed in Chapter 4.

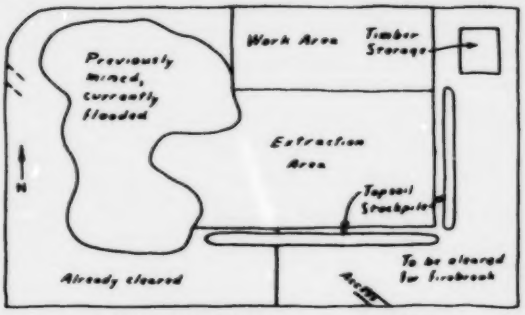
INDICATE DRAINAGE AND EROSION CONTROL FEATURES ON MAPS AND PHOTOS OF THE DEVELOPMENT AREA

- **if this surface soil stockpile is to be left for more than one growing season, it should be revegetated**

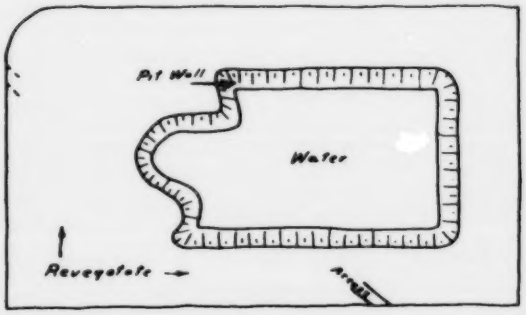
(5) Determine Revegetation Requirements

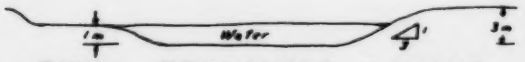
Following the determination of drainage and erosion control requirements, revegetation requirements should be determined. These are discussed in Chapters 5 and 6. Soil remaining in storage for more than one growing season may have to be revegetated to reduce soil losses through erosion.

INDICATE REVEGETATION SPECIFICATIONS ON MAPS AND PHOTOS OF THE DEVELOPMENT AREA



OPERATIONAL LAYOUT





FINAL RECLAIMED LAYOUT

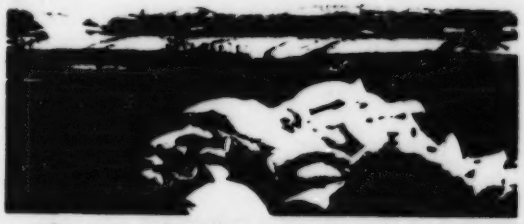
- **use photographs and maps to outline reclamation plans prior to commencing field activities**

(6) Schedule Reclamation and Order Materials

IMPROPER RECLAMATION SCHEDULING MAY BE COSTLY

Proper scheduling of reclamation activities is important. Where possible, reclamation should be carried out progressively with construction to make best use of the equipment on site and minimize the need (and expense) of bringing equipment back later.

Materials needed for reclamation should be ordered prior to the start of the construction phase so that they will be on site when needed. Bear in mind the cost of shipping the seed and fertilizer and schedule to take advantage of ground transportation to reduce costs.



- **order your reclamation materials early so they will be on site when needed**

Reclamation Worksheet

The structure of this worksheet follows that of the handbook, covering type of surface disturbance expected, surface conditions, erosion control, revegetation, and monitoring. Page numbers following each item in the worksheet refer to where further information on the topic is available in the handbook. By reading through the worksheet, considering the points presented, and filling in the blanks where applicable, reclamation measures for your project will be outlined.

DESCRIPTION OF EXPECTED DISTURBANCE

1. Will there be minimum disruption to the soil surface or will there be a major disruption such as excavation or extensive grading? (p. 11)

2. What are the slope angles in the disturbed areas? (p. 12) Where possible, confine surface disruption and excavation to gently sloping terrain.

3. Does the disturbance occur on organic soils or mineral soils? (p. 12) Soil type will affect soil moisture content and the potential for erosion.

4. Are surfaces expected to be wet? (p. 13) Wet sloping surfaces may require additional attention to control erosion.

5. Is permafrost present? If so, is it ice-poor, moderately ice-rich, or ice-rich? (p. 22) Avoid surface disruption and excavation in ice-rich permafrost as this material is erosion prone.

6. Determine the minimum area needed for development. (p. 12) Restrict construction activities to this defined area.

7. To assist in planning, sketch or photograph the area to be disturbed and indicate the extent and nature of the disturbance. (p. 15)

EROSION CONTROL

8. Determine the angle to which disturbed slopes will be graded. (p. 21)

_____

_____

9. Make vertical cuts in ice-rich permafrost. (p. 22)

10. Will excavations or ditches be backfilled with frozen soil? If yes, determine where these will be and make allowances for settlement. (p. 22)

11. Have allowances been made for cross flow on linear facilities? If yes, where and how? (p. 23)

12. Will diversion berms be required? If yes, where? (p. 23)

13. Will the berms be constructed of soil or will sand bags be used? (p. 24)

14. Regarding berms:
    (a) Space berms according to the Table on p. 24.
    (b) Ensure that the gradient along the berms is between 5 and 10 percent or that the berm itself is inclined at least 60° to the fall line. (p. 24)

15. Will drainage channels have to be re-routed? If yes, where and how? (p. 25)

16. How will drainage ditches be lined. (p. 25)

17. What will be used for ditch blocks? (p. 25)

18. Will erosion control blankets be necessary? If yes, where? (p. 26)

REVEGETATION

19. Will assistance from a reclamation specialist be required? (p. 33)

20. Can the surface be allowed to revegetate naturally? (p. 27)

21. Will the surface soil be stripped and saved for re-application? If yes, what areas will be stripped and to what depth? (p. 13)

22. Where will the stripped soil be stored? (p. 14)

23. What will be done to prepare the surface for revegetation? (p. 27)

24. Where will the saved surface soil be spread? (p. 28)

25. Indicate which surfaces will be ripped and scarified. (p. 28)

26. Determine seed specifications and purchase Canada No. 1 certified seed only. (p. 32)

27. Determine fertilizer requirements. What formula of fertilizer will be needed and what amount? (p. 33)

28. Determine the dates for which seeding can be successfully carried out at your site. (p. 28)

29. Select appropriate equipment and calibrate your seed/fertilizer spreader. (p. 29)

30. Where possible, harrow to cover the seed with soil. (p. 30)

31. Consider the use of willow cuttings where additional subsurface soil strength is needed. Identify the areas requiring cuttings and the source of cuttings. (p. 30)

MONITORING

32. What are the monitoring objectives? (p. 35)

33. Establish monitoring transects where appropriate. (p. 35)

NOTES AND SKETCHES

Chapter 4
Drainage and Erosion Control

Following planning, drainage and erosion control is the first step in reclaiming a site. The primary goal of this step is the immediate stabilization of the surface. A secondary goal is the establishment of a stable surface on which revegetation can occur. Commencing revegetation activities without first considering drainage and erosion control can result in decreased success or even failure of the revegetation efforts.

IMPLEMENT DRAINAGE AND EROSION CONTROL MEASURES TO STABILIZE THE SURFACE

- **this slope has failed because revegetation was carried out without first implementing drainage and erosion control measures**

Drainage and erosion control is carried out in two stages:

(1) Slope contouring

(2) Establishment of drainage and erosion control structures

SLOPE CONTOURING

Projects that involve earth movement will likely require some degree of grade restoration or side-slope contouring during reclamation. Grades should be consistent with the surrounding topography, must not impede surface runoff, and should be such that water is shed away from excavations and structures.

- **a properly contoured slope ready for seed application**

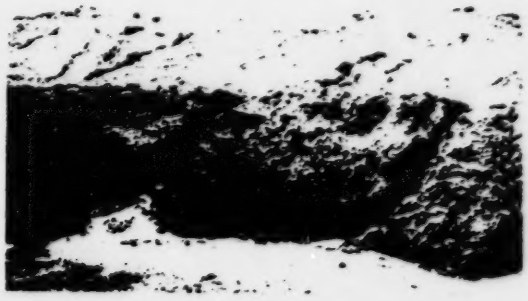
DIRECT RUNOFF AWAY FROM CUTS AND STRUCTURES

Side Slopes Without Permafrost

Side slopes without permafrost should be rounded at the top and toe to reduce the potential for slope failure.

DO NOT CREATE A SMOOTH SURFACE

The surfaces should be compacted and graded to no steeper than a 50 percent grade if the side slope is composed of sand or gravel and is well drained, or a 33 percent grade if it is composed of fine-grained sediments and is poorly drained. Rocks, which help to create microsites for revegetation, should be left unless they are likely to roll down the slope.



- **erosion is not stopped by contouring alone – revegetation is also needed**

Side Slopes With Permafrost

When contouring side slopes with permafrost, consideration must be given to the presence of frozen soil. The behavior of frozen soil during thawing depends, to a large extent, on the amount of excess ice present. This excess ice commonly exists in thin layers or lenses. By visual examination, the amount of these pure ice layers within a frozen soil sample or on an exposed cut face can give an approximation of the excess ice, expressed as a percentage of the total thickness of ice to the total thickness of frozen sample.

- **total thickness of ice approximately 25 cm; total thickness of sample approximately 50 cm; excess ice = 25/50 = 50 percent**

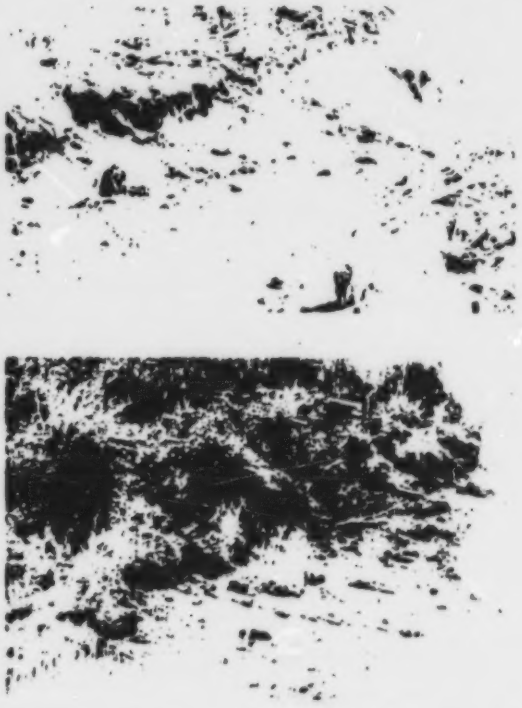
ICE-RICH SIDE SLOPES REQUIRE SPECIAL CONSIDERATION

To decide how to contour side slopes between 1 and 5 m high in areas of permafrost, follow the guidelines below. For slopes greater than 5 m, consult a geotechnical engineer.

(1) If the side slope is ice poor (less than 5 percent visible excess ice), trim it to no steeper than a 50 percent grade and round the top and toe.

(2) If the side slope is moderately ice rich (5 to 20 percent visible excess ice), or expected to be wet due to runoff or active layer seepage, trim it to at least a 33 percent grade and round the top and toe.

(3) If the side slope is ice rich (more than 20 percent visible excess ice) make a vertical cut and leave the slope to stabilize naturally. Experience has shown that vertical cuts between 1 and 5 m high in ice-rich soil can stabilize although the process may take several years. Retain the organic mat behind the cut as it forms an important element in the stabilizing process. Trees on top of the cut must be removed for a distance equal to twice the height of the cut. Otherwise, as the cut stabilizes itself, the trees will fall, tearing the organic mat in the process. Do not leave ice-rich side slopes at 50 percent or gentler grades because long-term unstable conditions could develop.



the vertical cuts in this ice-rich slope (top photo) stabilized naturally in one year (bottom photo)

ALLOW FOR SETTLEMENT OF BACKFILL

Excavations and ditches backfilled with frozen soil will experience a certain amount of settlement upon thawing. Depressions resulting from this settlement can collect water and this is normally undesirable.

Where the spoil is not ice rich it may be sufficient to raise the backfill level above the surrounding grade to accommodate the thaw settlement. A good rule-of-thumb is to overfill by 20 percent.

If the spoil is ice-rich, it may be necessary to provide a more thaw-stable soil for backfilling, particularly on sloping ground where ice-rich spoil could flow upon thawing.

• **backfill with thaw-stable (ice-poor) soil**

ESTABLISHMENT OF DRAINAGE AND EROSION CONTROL STRUCTURES

Drainage control and erosion control go hand-in-hand in that if drainage is controlled, a major portion of erosion will be controlled as well.

Drainage and erosion control begin during the establishment of final grades by accommodating the original drainage pattern for the area and by ensuring adequate drainage over the disturbed site. Meeting these objectives may involve the construction of diversion berms and drainage ditches which direct water across or away from the disturbance and, where necessary, the emplacement of erosion control mats.

• **the opening in the berm allows cross flow on this right-of-way**

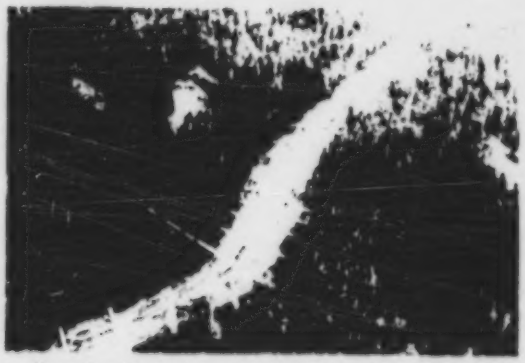
ALLOW FOR CROSS FLOW

On linear facilities allowance must be made for cross flow of surface drainage at all topographic low points and at regular intervals on sloped sections. Windrows of soil or clearing debris must be opened to allow cross flow.

In areas with permafrost, water should not be allowed to pond on or beside the right-of-way, nor should it be channelled along the side of the right-of-way. The water warms the permafrost, resulting in thawing and erosion.

Diversion Berms

When reclaiming sites with longitudinal grades greater than about 5 percent, diversion berms will be required to prevent the formation of gullies on the surface. The berms should extend randomly 1 to 3 m beyond the edge of the disturbance to prevent concentrated flow and to direct water onto undisturbed terrain.



• **diversion berms are needed to control erosion on slopes**

CONTROL ERODED SEDIMENTS

Some form of control structure will normally be required to reduce the flow velocity and trap any eroded soils at the end of diversion berms. Otherwise, the diverted runoff could erode the area beyond the reclaimed site. Boulders, timber logs, and slash can be effectively used for this purpose. These measures may not be required if the terrain and plant cover at the end of the berm remains undisturbed.

SPACE BERMS ACCORDING TO GRADIENT

The table below gives the distance between berms on the more erodible soils such as sand, silt, clay, and disturbed organics. Gravel and undisturbed organic surfaces are not as erodible and do not require berms except on grades of 30 percent or more.

Grade (%)	Distance Between Diversion Berms (m)
5-10	50
10-15	25
15-20	17
20-25	12

If longitudinal grades are steeper than 25 percent on sand, silt, clay, or disturbed organics; or 30 percent on gravel or undisturbed organics; a geotechnical engineer should be consulted for assistance with drainage and erosion control.

USE NATIVE SOIL OR SAND BAGS FOR BERMS

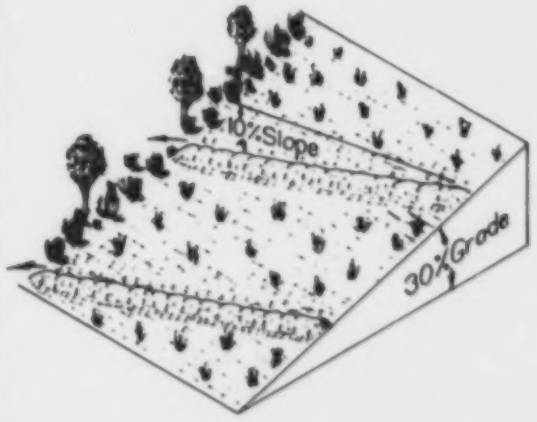
The normal construction procedure for berms in unfrozen soil or ice-poor permafrost is to push up the natural soil surface into a mound. A ditch may be excavated on the upslope side of the berm to help contain the drainage flow. The material from the ditch may be used to construct the berm. Tree trunks can be used to help form the berms but should be well covered with soil.

If ice-rich permafrost is present, sand bags should be used to construct the berm. Jute is the preferred fabric for sand-bag construction because it is more resistant to the sun's ultraviolet rays than are artificial fabrics. Sand bags should be built-up in a staggered configuration to minimize the openings.

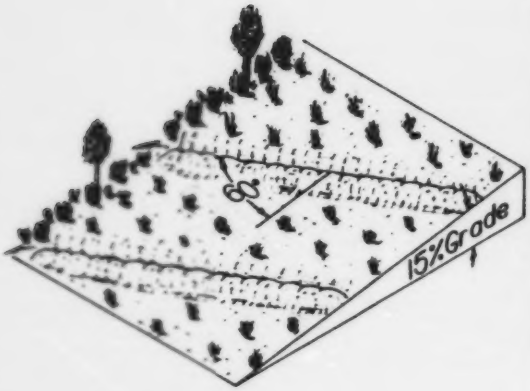
• **a berm composed of soil piled into a mound**

• **in areas of permafrost, berms built of sand bags are preferred**

Diversion berms should be oriented such that the gradient along the berm is between 5 and 10 percent or the berm itself is inclined at least 60° to the fall line.



• **on grades greater than 15 percent, the gradient along the berm should be between 5 and 10 percent**



- **on grades 15 percent and less, orient the berms at least 60 percent to the fall line**

Drainage Ditches

Drainage ditches are used where a creek or stream has to be re-routed. Ditches should be sized to carry the expected peak volume of water. The size of the natural creek or stream is a good guide.

PROTECT DRAINAGE DITCHES CARRYING CONCENTRATED FLOWS

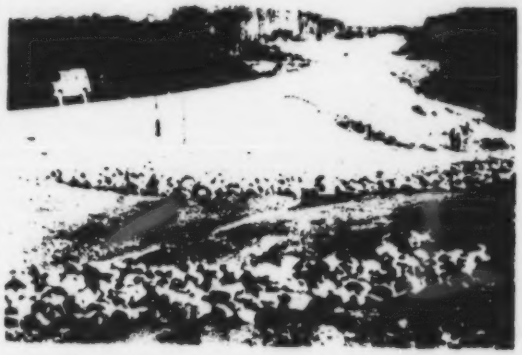
If the flow in the drainage ditch is expected to be concentrated, either as spring run-off or during summer rains, the ditch must be lined with cobbles and boulders to prevent erosion. Ditches carrying a continuous or highly concentrated flow over fine-grained or sandy soils, both of which are particularly susceptible to erosion, should have a filter cloth placed beneath the cobbles and boulders. Your Land Use Inspector or Resource Management Officer can provide direction in finding information on filter cloth.

Drainage ditches can be excavated in moderately ice-rich and ice-rich permafrost but maintenance problems due to thawing and slumping will occur. The use of a filter cloth overlain by cobbles and boulders will minimize these problems.

- **this drainage ditch has a filter cloth beneath the cobbles and boulders and a net on top to keep them in place**

INSTALL DITCH BLOCKS TO CONTROL VELOCITIES

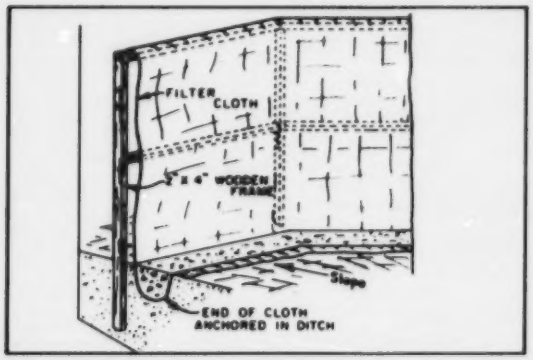
Ditch blocks should be installed at regular intervals to control run-off velocities in the ditch. These are best constructed by piling up boulders. An alternative to boulders is to use jute or woven fabric bags filled with a sand/cement mixture to line the ditch and form ditch blocks. Straw bales may be used as ditch blocks but only for short term and minimal run-off situations.



- **boulders used to reduce flow velocities**

Sediment traps such as a crescent-shaped soil berm or a filter cloth fence will be required for drainage ditches.

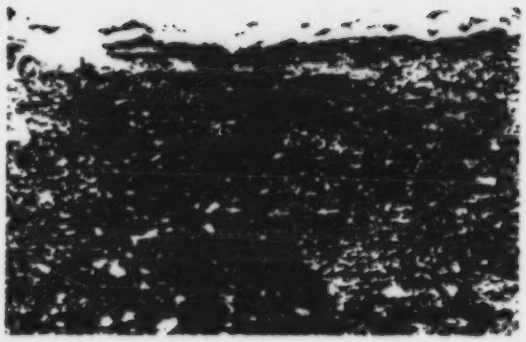
• **sediment traps are required at discharge points of drainage ditches**



• **a filter cloth fence is an effective sediment trap**

Erosion Control Blankets

Any erodible soil surface that is steeper than 33 percent grade should have an erosion control blanket placed over the surface. The blanket can greatly reduce the potential for erosion and provide a more stable base for seed germination. Most blankets cost between $1.30 and $2.00 per m^2 (1986 rates) Your seed supplier, Land Use Inspector, or Resource Management Officer can provide direction in finding more information on erosion control blankets.



the placement of an erosion control blanket and application of seed and fertilizer resulted in a marked improvement at this site in only two months

Chapter 5
Revegetation

Revegetation is the process of establishing a protective plant cover on a disturbed surface. It may be accomplished either by encouraging the natural recovery of the local plant communities or through the application of seed and shrub cuttings.

The encouragement of natural recovery may be applicable under either of the following conditions:

(1) The surface disturbance is minimal and over 50 percent of the plants remain rooted.

(2) Water erosion is not expected to be a problem and a rapidly establishing plant cover is not deemed necessary.

Varying degrees of treatment may be used to stimulate natural recovery. In situations where 50 to 75 percent of the plants remain rooted and water erosion is not expected to be a problem, fertilizer alone should be applied to stimulate natural recovery. See Chapter 6 for the recommended application rates for each reclamation region. If more than 75 percent of the plants remain rooted, no treatment is necessary.

Access roads and trails, when abandoned, pose a special case for revegetation. In remote areas it may be possible to leave the road to revegetate without treatment or with scarification only.

DISCUSS TREATMENTS AND NATURAL RECOVERY WITH YOUR LAND USE INSPECTOR

The application of seed and fertilizer to establish a protective plant cover may be applicable under the following conditions:

(1) A protective plant cover for erosion control is required sooner than would occur with natural recovery.

(2) A plant cover is required for aesthetic reasons.

(3) It is desirable to slow the invasion of native species, particularly trees and shrubs, in order to reduce maintenance.

This chapter discusses revegetation in terms of surface preparation, soil replacement, and timing and methods of seed and fertilizer application.

PRIOR TO COMMENCING A REVEGETATION PROGRAM, ENSURE THAT DRAINAGE AND EROSION CONTROL STRUCTURES ARE IN PLACE

• a sump cleaned up and revegetated

SURFACE PREPARATION AND SOIL REPLACEMENT

Having established final grade and installed drainage and erosion control structures, the surface can be prepared for seeding. Proper surface preparation prior to seeding ensures a much higher seeded species catch. Holes, ruts, and mounds resulting from project activities should be levelled and filled, and upper and lower slope edges should be rounded.

LEVEL SURFACES: ROUND SLOPE EDGES

• a recontoured mine site, ready for the application of topsoil and seed

Soil removed and saved during construction should be spread evenly over the surface to a thickness of at least 15 cm. In some cases there will not be enough stripped soil to cover all of the disturbed area. In these instances, soil should be reapplied to sensitive areas such as slopes or, in the case of reclamation for aesthetics, highly visible sites first.

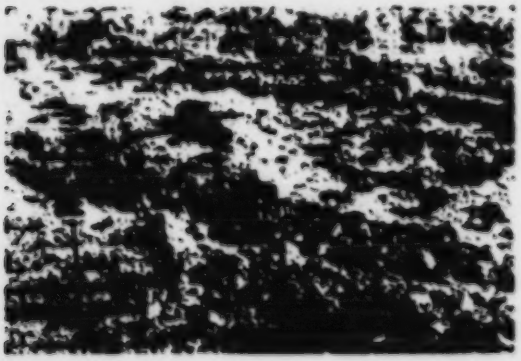
REAPPLY STRIPPED SOIL TO THE MOST SENSITIVE AREAS FIRST

• **re-apply stripped soil following surface preparation**

Compacted roadways and workpads will impede soil drainage and should be ripped to loosen the subsoil. This applies to both exposed surfaces and to those overlain by replaced soil.

Slopes should be scarified perpendicular to their gradient to a minimum depth of 15 cm and maximum spacing of 40 cm.

RIP COMPACTED SURFACES; SCARIFY SLOPES



• **scarification leaves furrows which serve as microsites for seeds to establish**

Smooth surfaces allow seed to wash or blow away. Roughening the surface by scarification or by walking a cat back and forth to create cleat marks provides microsites where seed and moisture will collect. This procedure should be followed on all smooth surfaces that have not already been ripped or scarified as discussed above. Replaced soil generally provides a good seed bed and roughening is normally not required.

ROUGHEN SMOOTH SURFACES TO CREATE SEED MICROSITES

• **cleat marks from a cat provide microsites for seeds to establish**

TIMING OF SEED AND FERTILIZER APPLICATION

The timing of seed and fertilizer application is important to ensure that the seed is not only given the best chance of germinating but also of establishing. If applied too late in the growing season the seeds may germinate but the seedlings will be too immature to survive the winter.

LATE SEEDING DECREASES SURVIVAL RATES

The dates between which seeding can successfully be accomplished are:

Tundra Region:	October 1 to July 1
Woodland Region:	October 1 to July 15
Forest Region:	October 15 to July 30

The first date represents that time of year when seed will not germinate but lie dormant until spring breakup. The second date is the latest that seed can be applied and be expected to establish well enough for seedlings to overwinter.

The best time to seed and fertilize is in spring, immediately following snow melt and runoff when the soil surface is

moist and temperatures are warming. This date varies from region to region but will generally fall between May 1 and June 15.

ROUGHEN THE SNOW SURFACE TO PROVIDE MICROSITES FOR SEED

Seeding and fertilizing can also be successfully accomplished in fall and winter while the ground is frozen. In remote areas, winter seeding ensures that some revegetation is accomplished, should it prove difficult or expensive to come back in spring. Best results will be obtained if the disturbance is seeded prior to snowfall but seeding can also be successfully accomplished over the snow. Similar to seeding on soils, revegetation success is improved if the snow surface is roughened to provide microsites for trapping the seed.

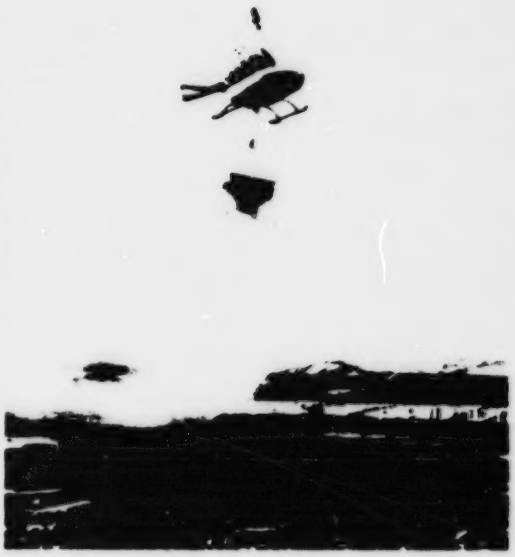
• **seeding can be carried out when snow cover is present**

RESEED ERODIBLE SURFACES

Where erosion is a concern, slopes that are winter seeded should receive an additional application of seed and fertilizer in spring or early summer to make up for that which may be lost during runoff.

METHODS OF SEED AND FERTILIZER APPLICATION

Although there are a range of methods available for spreading seed and fertilizer, the cyclone type of spreader is probably the best choice for most northern revegetation operations. These spreaders are mechanically simple and can be hand operated, truck mounted, or slung beneath a helicopter.



• **cyclone seeders can be slung beneath helicopters**

Proper control of width-of-spread and evenness of coverage are important in achieving a uniform vegetation cover. The following are some general guidelines for improving the effectiveness of spreading operations.

CARRY OUT PRACTICE RUNS TO CALIBRATE YOUR SPREADER

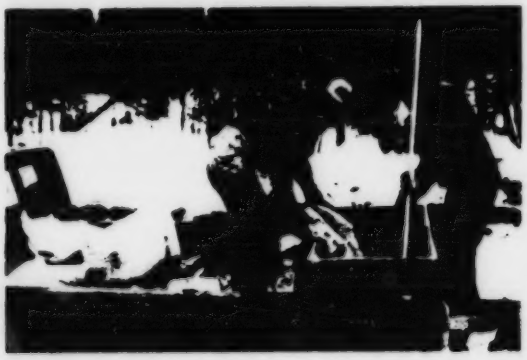
(1) Width-of-spread will vary with the density of the material (fertilizer is heavier and spreads further than seed), speed of rotation of the impeller (faster hand cranking throws farther), and height of the spreader above the surface. Prior to the start of revegetation operations it is important to determine the spreading characteristics of your particular combination of equipment and materials and refine your revegetation program accordingly.

(2) The following assumptions on spreading widths can be used for rough planning purposes:

	Spreading width (m)*	
	Seed	Fertilizer
Hand spreader	3-5	5-8
Truck mounted		
low rpm (100-300)	3-5	5-10
high rpm (500-1000)	5-8	10-20
Helicopter slung (bucket at 10-15 m above ground)	10-15	20-25

* Maximum spreading widths are somewhat wider than those shown: however uniformity and rate of application drop off significantly beyond these limits.

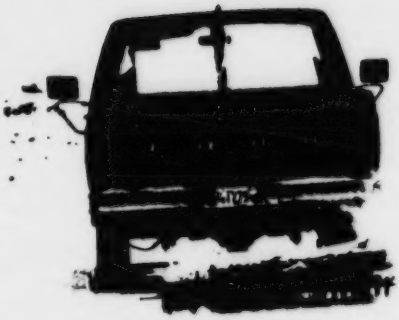
(3) Light fluffy seeds such as creeping foxtail tend to impede the flow in the spreader. Buying coated seed or mixing fertilizer with the seed will eliminate this problem. The ratio of seed to fertilizer can be worked out on the basis of specified seed and fertilizer rates so that, if desired, both can be spread in one operation. Mixing of seed and fertilizer should be done just prior to application.



• **mixing seed and fertilizer**

HARROW TO COVER THE SEED

Harrowing to cover the seed with soil will improve seed germination and establishment and is highly recommended. Conventional harrows work best, however dragging brush, heavy chains, or similar materials can provide satisfactory results.



• **using a simple harrow will improve seed germination and establishment**

PLANT SHRUBS TO PROVIDE ADDITIONAL SURFACE PROTECTION

USE OF WOODY PLANTS

Planting shrubs will provide additional subsurface soil strength to that provided by grasses. Roots of shrubs are stronger than roots of grasses and several years after planting they can provide considerable physical support within the surface soil layer. In addition, shrubs can provide a vegetative cover in areas where seeds may be removed by surface erosion.

Shrubs may be used for:

- Subsurface protection on a side hill cut
- Support to diversion berms
- Stream bank protection and habitat improvement

A practical and effective method of establishing shrubs is from stem cuttings taken from shrubs growing near the area to be reclaimed. Willows, generally common throughout the North, are well-adapted to planting as stem cuttings and are discussed in more detail below. Other species such as aspen and balsam poplar can be used, but with reduced success compared to willows.

Soil Conditions

Willows will generally survive in a wide range of soil moisture conditions but will grow best in moist-to-wet, loam-textured soil.

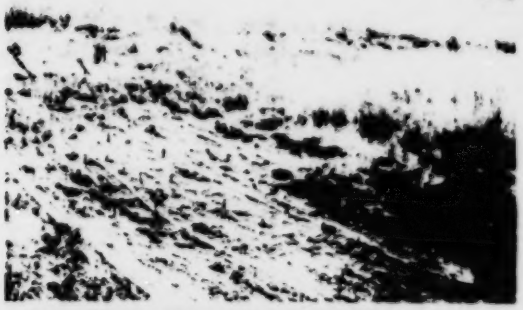
Collection of Cuttings

Willows can generally be located along streams, particularly those with well-developed floodplains. Cuttings can be harvested and planted during spring and early summer.

• **a stand of willow on a floodplain**

LOOK FOR WILLOWS ON FLOODPLAINS

Cuttings should be taken from healthy, vigorous plants growing in full sunlight. Straight stems, 1 to 2 cm in diameter, with smooth bark are most desirable. Cut these stems into 25- to 35-cm sections, discarding the tips of the stems and clipping off all side branches and leaves.



• **these willow cuttings, when established, will increase the stability of this slope**

PLANT CUTTINGS WITHIN 24 HOURS OF HARVESTING

Storage Methods

For best results, harvesting and planting of stem cuttings should occur the same day. However, cuttings can be placed under water for overnight storage with marginal loss of quality.

Planting

Cuttings should be planted in a grid pattern, with the density of planting dependent upon site conditions and erosion risk. Spacing should range from 30 cm on high erosion risk sites to 100 cm on low erosion risk sites. Cuttings should be inserted into the soil at a 30° to 45° angle to a depth of 15 to 25 cm. To prevent stem breakage, a probe or knife can be used to prepare a hole for the cutting. Following planting, tamp the soil firmly around the cutting.

• **willow cuttings have helped stabilize this disturbed slope**

Chapter 6
Seed Mixture and Fertilizer Recommendations

SEED MIXTURE RECOMMENDATIONS

Selection of a suitable seed mixture is determined by the reclamation region in which the project is located and the soil moisture content at the site.

The vegetation region can be determined from the characteristics given in the table on page 8 . Within each region a seed mixture is given for:

(1) Sites with dry-to-moist soils

(2) Sites with moist-to-wet soils, including sites flooded in spring

Seed mixes are provided for Tundra-Woodland and Forest regions only. They are not provided for the Polar Desert region as studies have not shown any commercially available species adapted to this area.

DETERMINE RECLAMATION REGION AND SOIL MOISTURE CONTENT

Sites on slopes will generally be dry to moist. On level ground, soil moisture may range from dry to wet depending on soil texture and permafrost. Gravelly and sandy soils will generally be dry to moist throughout the growing season, while finer-textured soils (silts and clays) will be moist to wet. However, permafrost near the surface can create a perched water table and moist-to-wet conditions in any soil.

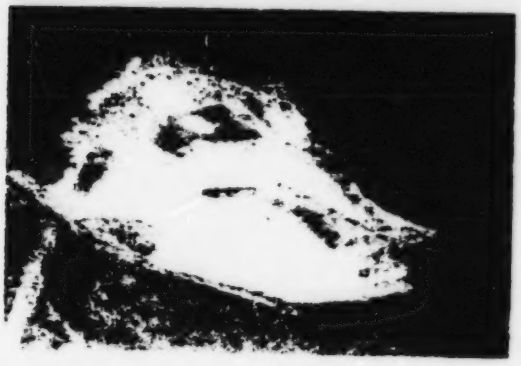
SEED SPECIFICATIONS
TUNDRA – WOODLAND

Species	Variety	% by Weight
Soil Moisture: Moist to Dry		
Creeping red fescue	Arctared	10
Hard fescue	Durar	10
Slender wheatgrass	Revenue	40
Timothy	Engmo	5
Spring rye	Prolific	35
Soil Moisture: Moist to Wet		
Kentucky bluegrass	Nugget	10
Creeping red fescue	Arctared	25
Timothy	Engmo	10
Creeping foxtail	Common or Garrison	20
Spring rye	Prolific	35

SEED SPECIFICATIONS
FOREST

Species	Variety	% by Weight
Site Condition: Moist to Dry		
Creeping red fescue	Boreal	20
Hard fescue	Durar	10
Slender wheatgrass	Revenue	30
Brome grass	Manchar	30
Timothy	Climax	4
Alfalfa	Anik or Drylander	6
Site Condition: Moist to Wet		
Kentucky bluegrass	Common	12
Creeping foxtail	Common or Garrison	35
Reed canarygrass	Vantage	35
Redtop	Common	3
Alsike clover	Aurora	15

For sites where soil chemistry problems may hinder revegetation, such as back-filled drilling mud sumps and mine tailings ponds, a reclamation specialist should be consulted. The Land Use Inspector may provide guidance in this matter.



- **reclamation of this sump, which experienced erosion problems, required assistance from a specialist**

Rate of Seeding

The amount of seed applied per hectare will depend on the erodibility of the site. Erodibility increases with degree of slope. Grades less than 12 percent should receive 30 kg/ha of the seed mixture; grades greater than 12 percent should receive 50 kg/ha.*

INCREASE RATE OF SEEDING ON ERODIBLE SITES.

USE ANNUAL SPECIES FOR RAPID, TEMPORARY EROSION CONTROL

Use of Annuals

The seeding of annual species such as barley or spring rye alone can be used to provide inexpensive temporary erosion control on areas such as soil storage piles. These annuals establish faster than perennial grasses and can produce a plant cover which lasts one year. Seed should be applied at 30 kg/ha and fertilized as recommended for the particular reclamation region.

USE CANADA NO. 1 CERTIFIED SEED ONLY

Ordering Seed

When ordering seed, identify the variety required and indicate that Canada No. 1 certified seed is wanted. Canada No. 1 seed is guaranteed to have a reasonable germination percentage or viability, and a low level of weed seeds. Certification of the seed ensures that you are getting the variety specified and not another variety which may not be adapted to the area. Seed designated only Canada No. 1 and not certified should be avoided, if possible, as varietal purity cannot be guaranteed.

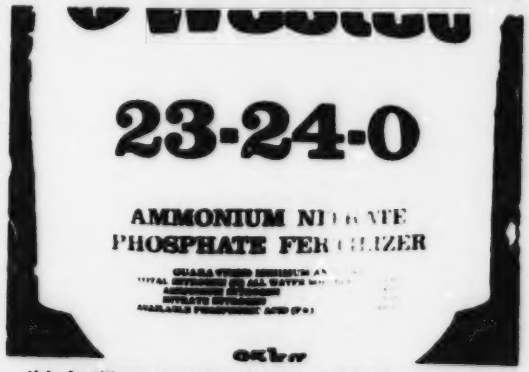
Seed can be purchased from commercial seed houses. Reliable seed houses will provide a Certificate of Analysis for each species upon request. The certificate of analysis will guarantee varietal purity and specify actual germination as well as content of weeds and other foreign species.

- **use only Canada No. 1 certified seed**

NORTHERN SOILS ARE LOW IN NUTRIENTS AND WILL REQUIRE FERTILIZER

FERTILIZER RECOMMENDATIONS

Fertilizer is required to produce a rapid and complete revegetation cover, especially in northern regions where soils are almost universally low in nutrients. While soil testing is the most precise way of determining fertilizer requirements, numerous studies have established some rules of thumb which are adequate for most soils.



- **this fertilizer contains 23 percent N, 24 percent P_2O_5 and no K_2O**

* See Appendix B for a conversion table showing metric and imperial units for seed and fertilizer application rates.

6

Suggested fertilizer applications are:

TUNDRA REGION

Nitrogen (N):	50-75 kg/ha
Phosphorus (P_2O_5):	100-150 kg/ha
Potassium (K_2O):	50-75 kg/ha

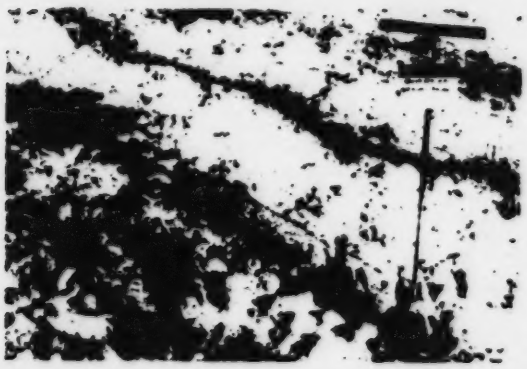
Apply nutrients in roughly a 1:2:1 ratio.

WOODLAND AND FOREST

Nitrogen (N):	50-100 kg/ha
Phosphorus (P_2O_5):	50 kg/ha
Potassium (K_2O):	50 kg/ha

Apply nutrients in either a 1:1:1 or 2:1:1 ratio.

Doubling the first nutrient, N, will substantially increase plant growth. Where rapid grass cover is desired, doubling the rate of application of any mixture will result in significant increases in first year growth.



- **the application of fertilizer and seed (top photo) results in a better plant cover than occurs with seed alone (bottom photo)**

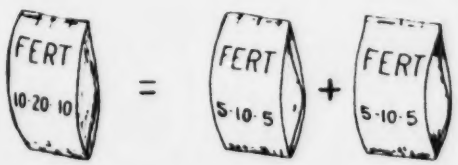
The fertilizer element rates as specified above are achieved by purchasing an appropriately blended commercial fertilizer. Provided with these specifications, a dealer will help you select the fertilizer blend best suited to your purpose. The following are some guidelines that will help you in the process:

(1) Fertilizers are coded to indicate the percent by weight of each of the three fertilizer elements: N, P_2O_5, and K_2O. For example, a 10-20-10 fertilizer has 10 percent N, 20 percent P_2O_5, and 10 percent K_2O. Therefore 100 kg of this fertilizer will have 10 kg of N, 20 kg of P_2O_5, and 10 kg of K_2O; the remaining 60 kg is inert filler.

(2) For shipping purposes it is important to note that a 10-20-10 fertilizer has the same fertilizer element ratio as a 5-10-5 (i.e. 1-2-1 ratio) one but requires only half the total weight of fertilizer to furnish equivalent amounts of N, P_2O_5, and K_2O; that is, 50 kg of 10-20-10 is equal to 100 kg of 5-10-5.

Your Resource Management Officer can also offer you assistance in determining your fertilizer requirements.

UNDERSTAND FERTILIZER CODES – THEY ARE IMPORTANT IN DETERMINING HOW MUCH IS REQUIRED.



- **the greater the concentration of fertilizer elements, the less the volume required**

Chapter 7
Monitoring

Monitoring of terrain stabilization and revegetation establishment and performance is needed to determine if reclamation objectives were met and, if not, what remedial action is required. It also assists in developing a sound concept of what happens over time following a particular reclamation effort so that, if needed, appropriate changes can be made in future programs.

MONITOR RECLAMATION SUCCESS TO IDENTIFY AREAS REQUIRING REMEDIAL ACTION AND TO IMPROVE FUTURE PROGRAMS

Monitoring may be carried out by either the proponent, to check on reclamation success and initiate remedial action, if necessary, or government officers (Resource Management Officer, Land Use Inspector), to ensure that terms and conditions attached to permits and licences are met.

Reclamation monitoring can take a number of forms depending upon project objectives. In many cases it will require collecting information on plant parameters such as species composition, percentage cover, and vigor, as well as selected observations concerning surface stabilization. This type of information is necessary in evaluating and making adjustments to any reclamation program.

Useful monitoring transects can be established following the general guidelines presented below. These transects are relatively easy to establish and can provide useful information to project or inspection staff as well as yield sound technical data at a later date.

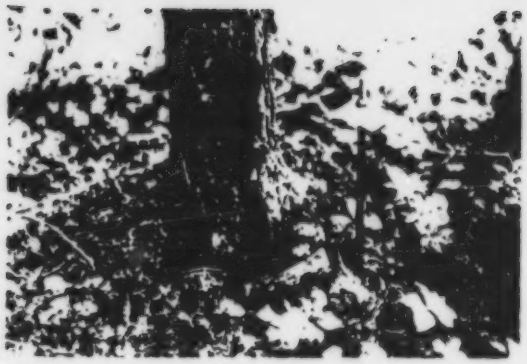
ESTABLISH MONITORING TRANSECTS

(1) Monitoring transects are lines which can be any length but generally range between 5 and 30 m depending upon the size of the disturbance. A metre tape is stretched between the two permanently marked end points and plant/soil observations made adjacent to the line at regular intervals.

• **collecting information along a monitoring transect**

(2) Monitoring transects should be carefully located to be representative of what you are interested in. Information collected from the transect at a later date will accurately define only the transect itself. However if you have selected the transect so that it is similar to or provides an average of the whole area you are interested in, the transect information can be said to be representative of the larger area. Uniformity in such things as moisture conditions, slope, and surface materials are factors which should be looked for in selecting representative sites.

(3) Where a particular disturbance is large, more than one transect should be set up to represent that disturbance. The number of transects needed is a matter of judgement and experience. The accuracy in describing a disturbance will go up as the number of transects increases.



• **stake and tag the start of each monitoring transect for future reference**

• **a second tag, attached to a tree, helps to relocate a transect**

(4) In establishing the transect, it is important that it be tagged and staked with materials that will stand up to the elements. In many cases wooden stakes are adequate, provided they are reasonably sturdy. Where permafrost is near the surface, metal stakes may be necessary. Adjust stake heights in cleared areas so that they are not a hazard to helicopters. The stakes should be painted with a bright color so they can be easily found at a later date and metal tags, coded to indicate site number, affixed to them. An inexpensive engraving pencil can be used to mark most metal tags. If trees are present at the site, a second metal tag attached to a tree is recommended.

(5) Information taken at a site will vary with project objectives but should include:

(a) Type of disturbance

(b) Surface conditions at the time of seeding, type of surface materials (organic or minerals), and an estimate of soil texture

(c) Species and fertilizers used, rate applied, time of application

(d) General topography, slope angle, aspect, and drainage

A rough site sketch is often useful and photographs of the monitoring site are an excellent way of keeping a general record of changes over time. To be most useful they should be taken from the same point each year. In addition to taking photographs along the transect, a general one of the area showing the transect in it should be taken. A 3" x 5" card with the date and site number on it should be placed in the foreground of each picture to facilitate photo identification and comparision at a later date.

Monitoring should be carried out annually until the reclaimed areas have stabilized. This will normally take place over two years but may be longer for highly disturbed areas. Drainage and erosion control measures are best monitored in spring following breakup, while vegetation success is best monitored in summer.

• **photographs and sketches are important parts of data collection at monitoring sites**

Recommended References

Indian and Northern Affairs Canada, 1982. Environmental Guidelines Pits and Quarries.

Indian and Northern Affairs Canada, 1983. Land Use Guidelines Mineral Exploration Yukon and Northwest Territories.

Indian and Northern Affairs Canada, 1984. Land Use Guidelines Access Roads and Trails.

Indian and Northern Affairs Canada, 1986. Environmental Operating Guidelines: Hydrocarbon Well-sites in Northern Canada.

All handbooks are available from INAC offices in Ottawa, Yellowknife, and Whitehorse.

Appendix A
Expressions of a Slope

GRADE (%)	APPROXIMATE ANGLE (°)	APPROXIMATE HORIZONTAL/VERTICAL
5	3	20 to 1
10	6	10 to 1
12	7	8 to 1
15	9	7 to 1
20	11	5 to 1
25	14	4 to 1
30	17	3.3 to 1
33	18	3 to 1
50	27	2 to 1

Appendix B
Seed Mix and Fertilizer Conversion Table

1 kg = 1000 g = 2.2 lbs
1 ha = 10 000 m^2 = 2.47 acre = 107 639 ft^2

50 kg/ha = 5 g/m^2 = 44.5 lb/acre = 1.0 lb/1000 ft^2
30 kg/ha = 3 g/m^2 = 26.7 lb/acre = 0.6 lb/1000 ft^2

Appendix C
List of INAC Offices

NORTHWEST TERRITORIES

Regional Manager, Land Resources
INAC
P.O. Box 1500
Yellowknife, N.W.T.
X1A 2R3

District Superintendent
INAC
P.O. Box 2550
Yellowknife, N.W.T.
X1A 2P8

District Manager
INAC
P.O. Box 658
Fort Smith, N.W.T.
X0E 0P0

District Manager
INAC
P.O. Box 2100
Inuvik, N.W.T.
X0E 0T0

District Manager
INAC
P.O. Box 150
Fort Simpson, N.W.T.
X0E 0N0

District Manager
INAC
Rankin Inlet, N.W.T.
X0C 0G0

Assistant District Manager
INAC
Baker Lake, N.W.T.
X0C 0A0

District Manager
INAC
Iqaluit, N.W.T.
X0A 0H0

Resource Management Officer
INAC
P.O. Box 1420
Hay River, N.W.T.
X0E 0R0

Resource Management Officer
INAC
P.O. Box 126
Norman Wells, N.W.T.
X0E 0V0

Resource Management Officer
INAC
Fort Liard, N.W.T.
X0G 0A0

YUKON TERRITORY

Regional Manager, Land Resources
Attention: Land Use Section
INAC
200 Range Road
Whitehorse, Yukon
Y1A 3V1

Resource Management Officer
INAC
P.O. Box 289
Watson Lake, Yukon
Y0A 1C0

Resource Management Officer
INAC
Teslin, Yukon
Y0A 1B0

Resource Management Officer
INAC
200 Range Road
Whitehorse, Yukon
Y1A 3V1

Resource Management Officer
INAC
P.O. Box 5370
Haines Junction, Yukon
Y0B 1L0

Resource Management Officer
INAC
Beaver Creek, Yukon
Y0B 1A0

Resource Management Officer
INAC
Carmacks, Yukon
Y0B 1C0

Resource Management Officer
INAC
Ross River, Yukon
Y0B 1S0

Resource Management Officer
INAC
P.O. Box 100
Mayo, Yukon
Y0B 1M0

Resource Management Officer
INAC
P.O. Box 279
Dawson City, Yukon
Y0B 1G0

Glossary

Active layer – The top layer of the ground, above the permafrost table, that thaws each summer and refreezes each fall.

Barrens – An area with a lack of vegetation in comparison with adjacent areas.

Bog – An area of confined organic terrain, characterized by a vegetation cover of black spruce, Labrador tea, and peatmoss.

Coarse-textured soils – Soils composed predominantly of gravel, sand, and sandy loam.

Coated seed – Seed that has been covered with a substance to help with either distribution or germination and growth. Creeping foxtail, for example, has light, fluffy seeds which can bunch up in a seed spreader and impede flow. By coating the seed with a thin film of clay, this problem is eliminated. In addition the coating helps with seed establishment by absorbing water and assisting in germination.

Fall line – An imaginery line tracing the path along which water would flow down a slope.

Fen – Organic terrain characterized by a vegetation cover of tamarack, dwarf birch, willow, and moss. Fens are supplied with water previously in contact with mineral soil.

Fine-textured soils – Soils composed predominantly of clay and clay loam.

Habitat – The place where a particular plant or animal or a community of plants or animals naturally lives or grows.

Harrow – The act of covering seed with soil by dragging an implement across the surface.

Heath – A plant community dominated by low growing shrubs, i.e., blueberry, crowberry, cranberry, etc.

Medium-textured soils – Soils composed predominantly of silt loam and silt.

Mineral soil – A soil consisting predominantly of mineral matter. It contains less than 17 percent organic carbon except for an organic surface layer that may be up to 40 cm thick.

Organic soil – A soil developed dominantly from organic deposits. It contains more than 17 percent organic carbon and is at least 40 cm thick.

Scarification – The act of loosening the soil without actually turning it over by dragging a pronged implement across the surface. Scarification, which may be accomplished by using a partially limbed log, increases surface roughness, creating more protection for seed lodging and establishment.

Seed viability – The percentage of seed planted that actually germinates.

Thaw stable permafrost – Permafrost which does not, upon thawing, show loss of strength below normal, long-time thawed values nor produce ground settlement.

Thaw unstable permafrost – Permafrost which shows, on thawing, a significant loss of strength below normal, long-time thawed values and/or significant settlement, as a direct result of melting of the excess ice in the soil.

Tree line – The latitudinal limit or, in mountains, the altitudinal limit, of tree growth.

Tussock – A tufted mound of cottongrass, typically less than 30 cm high, composed of stems and leaves. Tussocks are often umbrella-shaped and usually occur in large tundra meadows.

Canada

Directives de régénération des sols perturbés dans le Nord canadien

Directives de régénération des sols perturbés dans le Nord Canadien

Brochure préparée par
Hardy BBT Limited
Calgary, Alberta

à l'intention de la
Division de la Gestion Foncière
Programme des Affaires du Nord

Affaires indiennes et du Nord Canada
Indian and Northern Affairs Canada

Publié avec l'autorisation de
l'hon. Bill McKnight, c.p., député,
ministre des Affaires indiennes
et du Nord canadien,
Ottawa, 1987.

QS-8404-000-FF-A1
No. de catalogue R72-201/1987F
ISBN 0-662-94573-5

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada

This publication is also available in English under the title:

Reclamation Guidelines for Northern Canada.

Table des matières

Préface iv

Chapitre 1: Introduction 1
- But de la brochure 1
- Qu'est-ce que la régénération du sol? 1
- Pourquoi régénérer le sol? 1
- Sommaire de la brochure 2

Chapitre 2: Environnement du Nord 3
- Régénération du sol dans le Nord 3
  - Saison de croissance 3
  - Pergélisol 3
- Régions de régénération du sol 5
  - Désert polaire 5
  - Toundra 7
  - Terre boisée 7
  - Forêt 9

Chapitre 3: Planification 10
- Détermination des conditions principales de régénération du sol 10
- Planification de la remise en état du sol 11
- Formulaire de travaux de régénération du sol 16

Chapitre 4: Drainage et contrôle de l'érosion 21
- Étude du profil des pentes 21
  - Pentes avoisinantes exemptes de pergélisol 21
  - Pentes avoisinantes riche en pergélisol 22
- Établissement d'un système de drainage 23
  - Talus de diversion 23
  - Fossés de drainage 25
  - Toiles protectrices 26

Chapitre 5: Revégétation 27
- Préparation et matériau de recouvrement de la surface 27
- Epoque d'ensemencement et d'épandage d'engrais 28
- Méthodes d'ensemencement et d'epandage d'engrais 29
- Utilisation de plantes ligneuses 30
  - Conditions du sol 30
  - Cueillette de boutures 31
  - Méthodes de stockage des boutures 31
  - Plantation des boutures 31

Chapitre 6: Recommandations de mélanges de semences et d'engrais 32
- Mélanges de semences recommandés 32
  - Taux d'ensemencement 33
  - Ensemencement annuel 33
  - Commande des semences 33
- Engrais recommandés 34

Chapitre 7: Contrôle 36

Références recommandées 38

Appendice A — Expressions d'une pente 39

Appendice B — Table d'équivalance pour l'utilisation de mélanges à semences et d'engrais 39

Appendice C — Liste des bureaux des A.I.N.C. 40

Glossaire Alphabétique 41

Préface

L'exploration et l'exploitation des ressources naturelles du Nord canadien impliquent toute une gamme d'activités qui transforment la nature du sol, par exemple la construction et l'entretien des routes d'accès, le défrichement et la préparation au forage des puits d'hydrocarbure, et l'ouverture de ballastières et de carrières de roches. Pour aider les petites et moyennes entreprises à prendre des initiatives dans un cadre acceptable vis à vis de l'environnement, le ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canadien (AINC) a préparé une série de brochures concernant les conditions d'utilisation des terres pour obtenir un permis d'exploitation dans le territoire. Jusqu'à présent, quatre brochures ont été publiées: "Guide de l'environnement: carrières et sablières", "Lignes directrices de l'utilisation des terres: exploration minière", "Lignes directrices de l'utilisation des terres: routes d'accès et sentiers", et "Directives environnementales opérationnelles: chantiers de forage de puits d'hydrocarbure dans le nord du Canada". En suivant les directives de ces brochures, on s'assure que les phases de construction et d'exploitation de la plupart des projects s'accomplissent avec un impact minimum sur l'environnement.

Cette brochure, la cinquième de la série, a été conçue pour permettre aux entrepreneurs de régénérer les sols perturbés. Elle est le résultat d'un travail d'étude mené sur la régénération du sol dans le Nord canadien depuis 1970. Ces informations ont été mises à jour pour l'AINC par Hardy BBT Ltd. après une étude supplémentaire effectuée sur le terrain en 1984, où l'on a examiné et conclu avec succès un programme de régénération du sol sur une centaine de sites d'essai dans les territoires du Nord-ouest et du Yukon.

L'équipe de recherche est reconnaissante de l'inestimable contribution apportée par le comité d'organisation de la division de la Gestion Foncière au ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canadien (Chris Cuddy, Sue Cramp, Ed Hornby et Marg Crombie).

Le guide a été préparé par Hardy BBT Limited, à Calgary (Alberta). Les sections techniques ont été rédigées par W. E. Younkin, H. E. Martens et A. J. Hanna. Préparation et rédaction: J. D. Howell.

La traduction française a été réalisée par Action Communications International de Calgary (Alberta).

LES PRÉSENTES DIRECTIVES SONT ASSUJETTIES AUX LOIS, ORDONNANES ET RÈGLEMENTS EN VIGUEUR.

Chapitre 1: Introduction

BUT DE LA BROCHURE

Cette brochure informe l'entrepreneur et l'exploitant qui désirent obtenir un permis d'utilisation des terres pour un projet de petite ou moyenne envergure, des conditions du bail en ce qui concerne le système de drainage et la remise en état du sol. Il s'adresse également aux autorités compétentes en matière d'exploitation des ressources naturelles, qui se doivent de conseiller les entrepreneurs et les exploitants et d'inspecter les lieux d'aménagement du territoire. Cette brochure qui se complète avec les autres publications de la série, doit être utilisée en conjonction avec celle du projet concerné.

Les procédures qui y sont décrites sont appropriées au Nord canadien où le pergélisol et la courte saison de croissance font que la technique de revalorisation du sol est différente de celle utilisée dans le Sud du Canada. Le guide offre des possibilités de régénération du sol là où une technique relativement simple peut s'adapter. Il ne s'applique pas à la réclamation de sites tels que les bassins à boue de forage ou les dépotoirs de déchêts miniers, où l'on exige l'intervention d'un spécialiste qui considérerait en détail l'aspect géochimique de la pédologie.

• lieu d'un camp de construction proprement restauré.

QU'EST-CE QUE LA RÉGÉNÉRATION DU SOL?

Il s'agit des procédés qui visent à favoriser la conservation du sol et à lui redonner sa couche végétative. Pour y parvenir, on utilise généralement des méthodes physiques et des méthodes biologiques. Les méthodes physiques consistent à maintenir la stabilité de la couche de surface en concevant son profil avec des structures de drainage pour contrôler l'érosion. Les méthodes biologiques consistent à rétablir la couche de végétation qui favorisera par la suite la stabilité du sol. Le terme "restauration" qui est utilisé dans le manuel des Conditions d'utilisation des terres pour l'exploitation des ressources naturelles (AINC) est synonyme de "régénération" (ou "revalorisation") du sol tel qu'on le définit dans cette brochure.

• l'ensemencement fait partie de la régénération d'une carrière.

POURQUOI RÉGÉNÉRER LE SOL?

On démontre plusieurs raisons pour vouloir remettre en état les terres perturbées:

(1) Réduction de l'érosion du sol – Le sol est une ressource inestimable; si un dommage lui est causé, sa revalorisation est toujours difficile et elle coûte cher.

• sans régénération, les abords d'une carrière s'effritent.

(2) Préservation des aménagements – La régénération du sol contribue à la consolidation de structures telles que les routes, les pipelines et les travaux de terrassement.

(3) Perturbation minimum – La régénération du sol peut restreindre le potentiel de perturbation d'une aire d'exploitation conséquemment à l'érosion et à la sédimentation, en protégeant les zones basses en aval et celles sous les pentes.

(4) Économie d'entretien – Si l'aire d'exploitation a été stabilisée à la suite d'un programme de régénération du sol, on réduit le besoin de retourner sur le site pour cause d'entretien. Ceci constitue un fait non négligeable étant donné qu'il est très coûteux de déplacer toute une équipe d'entretien (hommes et machines) dans une région très isolée.

(5) Facilite le retour à l'état naturel – La restauration du sol permet le retour à l'état naturel en stabilisant la surface et en protégeant le terrain de sorte à favoriser le retour et la croissance de la végétation naturelle.

(6) Esthétique – On peut se servir de la régénération du sol pour améliorer l'apparence des zones perturbées, notamment celles qui se trouvent visiblement à proximité des routes publiques.

• régénération au dessus d'un dépotoir recouvert.

SOMMAIRE DE LA BROCHURE

Le chapitre 2 présente la régénération du sol dans le contexte de l'environnement du Nord. On expose les facteurs qui assurent le succès de la régénération du sol et les améliorations à apporter au processus afin d'obtenir le meilleur résultat.

Les chapitres 3 à 7 étudient la régénération du sol dans le Nord canadien successivement depuis le bureau de planification (chapitre 3), en passant par la construction d'un dispositif de drainage pour contrôler l'érosion (chapitre 4), puis le processus de revégétation (chapitre 5), ensuite les conseils pour l'ensemencement (chapitre 6), et enfin le contrôle (chapitre 5). On y trouve une liste des travaux à effectuer à la fin du chapitre 3 (formulaire).

Les sections finales de la brochure offrent une liste de publications recommandées, une table de coefficients d'inclinaison, une table d'équivalence pour l'emploi de semences et d'engrais, une liste des bureaux des AINC, et un glossaire de termes utilisés en régénération du sol avec leur définition.

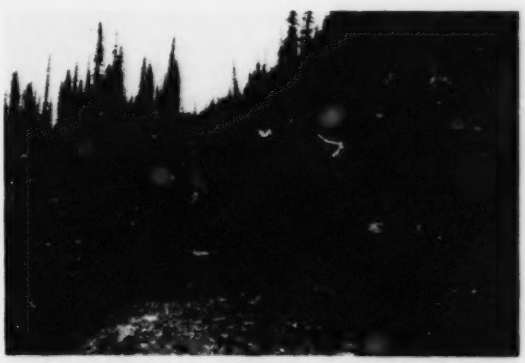
• ce dépôt de déchets charbonniers, visible d'une route principale, a été végété pour des raisons d'esthétique.

Chapitre 2: L'Environnement du Nord

Les terres situées au nord du 60° comprennent toute une gamme de végétation, de sols et de climats. Plus on se déplace vers le nord, plus les forêts de conifères denses s'éclaircissent et laissent graduellement place à la terre boisée, puis à la toundra et enfin au desert polaire, aux conditions relativement plus froides et moins humides. Dans l'ensemble, ces régions sont plates ou légèrement vallonnées, à l'exception de quelques zones d'importantes chaînes montagneuses dont l'influence se fait sentir en repoussant les conditions arctiques de la toundra vers le sud jusqu'aux régions forestières. Les sous-couches de pergélisol sont continues et près de la surface au nord, elles sont discontinues et plus profondes au sud.

RÉGÉNÉRATION DU SOL DANS LE NORD

Bien que la plupart des principes de régénération du sol qu'on applique dans les zones sud soient également valables dans le Nord, il faut cependant tenir compte de deux variables typiques du nord: le pergélisol et une courte et fraîche saison de croissance. Le premier influence la stabilité du terrain, l'écoulement des eaux et l'érosion tandis que le deuxième régit le retour de la végétation.



• un programme de régénération aurait évité l'affaissement de cette pente.

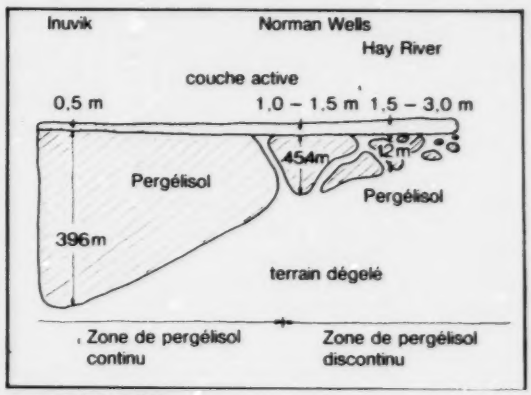
La saison de croissance

La saison de croissance dans le Nord se limite généralement aux mois de juin, de juillet et d'août. C'est pendant ces étés courts et frais, et malgré quelques gelées, que se produit le réveil de la végétation et que se détermine la réussite d'un programme de revégétation. À cause du temps frais et de cette brève saison, le sol est peu fertile et manque d'éléments nutritifs.

Les espèces ensemencées doivent germer et se développer rapidement pendant cette époque – sinon elles ne pourraient survivre à la dureté de l'hiver du Nord. La plupart des espèces qui se sont adaptées dans les régions du Sud ne seraient pas capables de croître et de résister dans un tel environnement. Le nombre d'espèces, commercialement disponibles pour un programme de revégétation, diminue au fur et à mesure que l'on progresse vers le Nord; pour le désert polaire, on ne trouve sur le marché aucune espèce adaptable.

Le pergélisol

Le pergélisol est une couche de terre qui reste gelée pendant au moins deux hivers consécutifs, y compris le court été intermédiaire. Il peut être formé de terre riche en minéraux, on en matériaux organiques, ou rocailleux. Il peut être sans glace ou en contenir beaucoup. L'épaisseur du pergélisol varie de quelques contimètres près de la limite sud, à plusieurs centaines de mètres dans le nord. Une zone, dite couche active, recouvre le pergélisol. Cette couche qui se dégèle annuellement a une épaisseur qui varie de quelques 30-60 cm au nord à plusieurs mètres au sud.



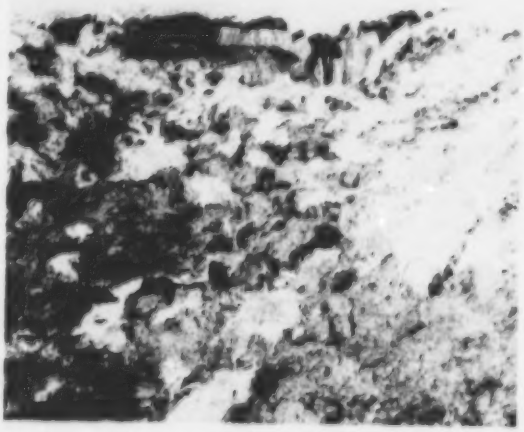
• couche active
• pergélisol continu et discontinu

On trouve le pergélisol partout dans le Nord canadien. Il se répartit en deux zones: une zone continue et une zone discontinue. Dans la zone continue, le pergélisol se trouve sous toutes sortes de terrain; les couches actives y sont minces et le pergélisol y est épais. Dans la zone discontinue, on ne trouve le pergélisol que sous certaines conditions. Dans la partie nord de cette zone, le pergélisol est très répandu, mais dans la partie sud, il

y est très dispersé. Le pergélisol discontinu se rencontre également dans la cordillère, pourtant éloigné de sa limite sud. Dans la zone discontinue, on trouve habituellement le pergélisol sur les pentes face au nord, dans les marais et dans des endroits peu ensoleillés et faiblement enneigés.

Le pergélisol fait souvent obstacle à l'infiltration des eaux et, à l'exception des pentes, les terrains sont engorgés pendant presque toute la saison de croissance. Des marécages se forment au dessus du pergélisol et l'écoulement naturel s'y fait si mal qu'il en multiplie l'action érosive. Cette situation rend d'autant plus difficile la planification du drainage et du freinage de l'érosion.

La couche organique isole le pergélisol et l'empêche de fondre. Tout dérangement de cette couche peut provoquer un dégel et un affaissement du terrain qui, dans le pire des cas, pourrait rendre inutiles tous les systèmes de drainage envisagés. L'amplitude de cet effondrement dépendra de la stabilité du pergélisol sous l'action du dégel. Le pergélisol qui contient beaucoup de glace devient très instable et perd sa résistance lorsqu'il est soumis au dégel. Par contre, une couche de pergélisol qui ne contient pas de glace ou très peu sera moins soumise à l'affaissement dans les mêmes circonstances. D'une façon générale, si un terrain contient visiblement de la glace sous forme de cristaux, de veines, de couches ou de blocs, on peut conclure qu'il est instable au dégel.



• sensible au dégel, le pergélisol perturbé s'effondre et provoque des écoulements.

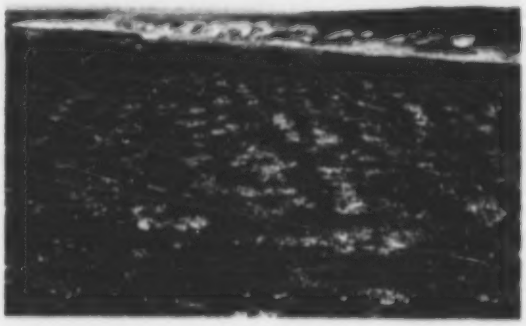
LES RÉGIONS DE RÉGÉNÉRATION DU SOL

On distingue quatre régions nordiques présentant chacune une certaine uniformité de climat et de végétation naturelle: le désert polaire, la toundra, la terre boisée et la forêt. Les distinctions entre ces régions ne sont pas toujours tranchées. Il faut déterminer, avec l'aide de votre inspecteur d'aménagement du territoire, dans quel type de région vous envisagez entreprendre votre projet.

À chacune de ces régions correspond en effet un programme et une technique différente en ce qui concerne la régénération du sol et auxquels on devra se conformer.

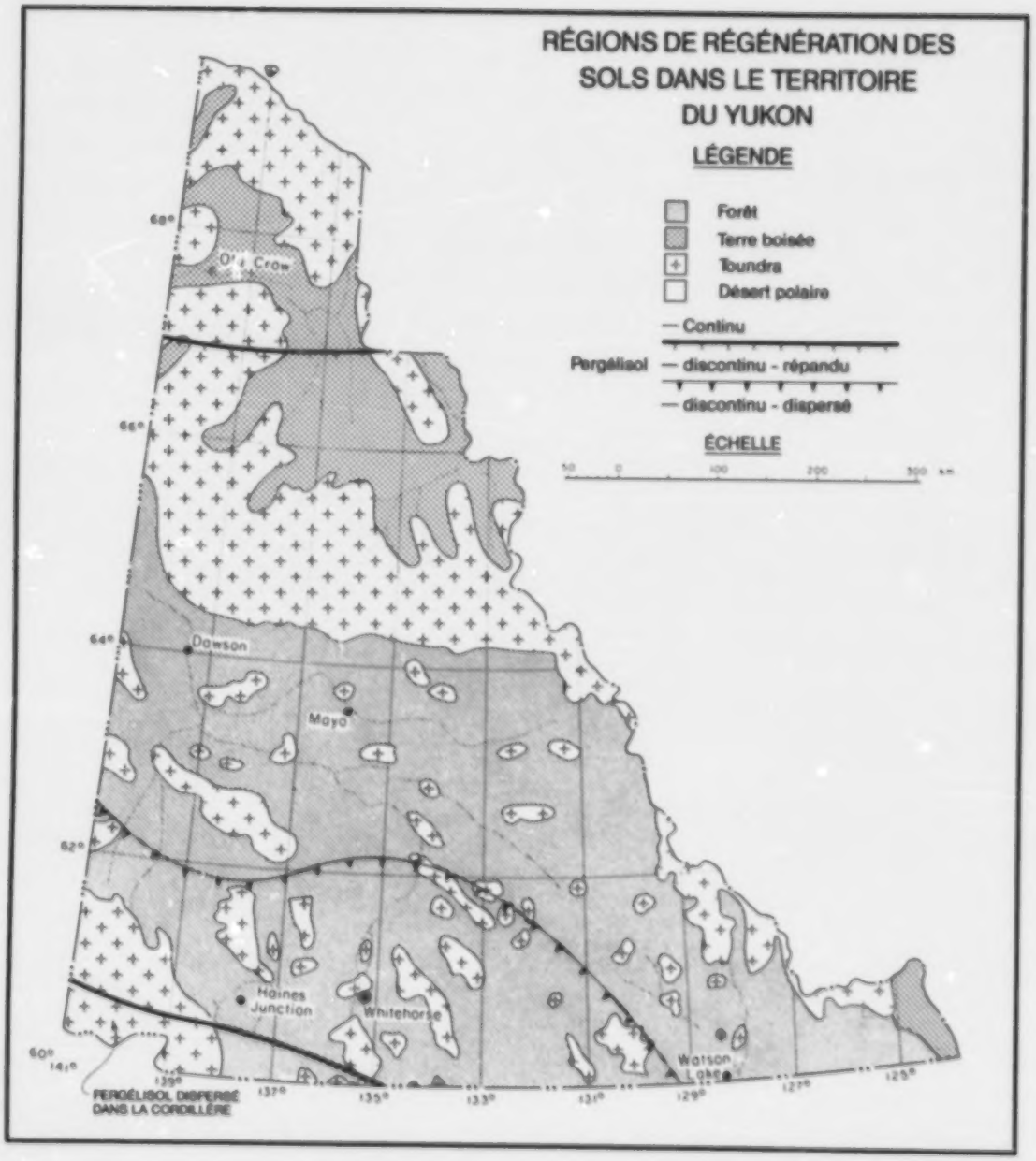
Le désert polaire

Le désert polaire comprend la plupart des îles arctiques. Dans l'ensemble, la couche de végétation y est incomplète et se compose de nappes de lichens clairsemées et de tapis de mousse à faible croissance dans les zones favorisées par l'assèchement, d'herbes et de laîches dans les zones plus humides. La saison de croissance



· paysage typique du désert polaire.

y est extrêmement courte et froide; elle ne comprend que 30 jours sans gelée, et les températures moyennes pendant cette période ne varient que de 0° à 4°C. Bien que la précipitation moyenne y soit alors inférieure à 50 mm, le terrain reste généralement spongieux à cause


RÉGIONS DE RÉGÉNÉRATION DES SOLS DANS LE TERRITOIRE DU YUKON
LÉGENDE
Forêt
Terre boisée
Toundra
Désert polaire
Pergélisol
— Continu
— discontinu - répandu
— discontinu - dispersé
ÉCHELLE
Old Crow
Dawson
Mayo
Haines Junction
Whitehorse
Watson Lake
PERGÉLISOL DISPERSÉ DANS LA CORDILLÈRE

de la présence du pergélisol qui ne se trouve qu'à 50 cm de la surface. Contrairement aux régions plus au sud, la couche organique clairsemée n'isole que faiblement le pergélisol de sorte qu'une perturbation ou un enlèvement de la surface ne causerait guère d'effondrements. C'est un milieu si hostile qu'on a pas encore trouvé d'espèce capable de s'y adapter; dans nos programmes de remise en état du sol, on se limite à des travaux de drainage.

• **les programmes de revégétation ont peu de succès dans le désert polaire.**

La toundra

La toundra s'étend au nord de la limite forestière jusqu'à la côte arctique et comprend aussi quelques parties sud des îles de l'Arctique. Certaines portions situées au-dessus de la limite forestière dans les chaînes montagneuses ont aussi les mêmes caractéristiques que cette région. La couche de végétation y est presque complète et comprend arbrisseaux, bruyère, laîches, mousses et lichens. Les zones mieux drainées se caractérisent par des bouleaux nains et de petits saules qui se mêlent aux touffes de linaigrettes et aux tapis de laîches humides. La repousse annuelle est courte et froide avec des températures mensuelles moyennes variant de 3° à 9°C. Dans cette région, on compte environ 83 jours sans gelée, et la précipitation moyenne pendant la saison de croissance est inférieure à 100 mm. Cependant, le pergélisol qu'on trouve ici à moins d'un mètre environ de la surface, empêche l'infiltration et rend les sols humides ou trempés à l'exception des zones à pente raide.

• **paysage typique de la toundra.**

Tout comme le désert polaire, le pergélisol est continu et, en beaucoup d'endroits, sa teneur en glace est élevée. La couche organique et la couverture de végétation isolent le pergélisol et l'empêchent de dégeler, mais si elles sont perturbées, tassements et effondrements peuvent se produire. À cause de ce phénomène, il faut prendre des mesures pour freiner l'érosion et faire des travaux de drainage en minimisant la perturbation du sol là où le pergélisol est riche en glace. Dans cette région, le retour de la végétation naturelle après une perturbation est lent; cependant, on peut accélérer la revégétation en choisissant des espèces appropriées et des semences mixtes.

La terre boisée

La terre boisée recouvre une vaste étendue au sud de la limite de croissance des arbres. Elle se compose de fondrières (ou muskeg) entremelées de zones dégagées où l'on trouve des arbrisseaux, et de quelques endroits isolés et abrités, avec des arbres plus denses et plus hauts. Les zones les mieux drainées ressemblent à des parcs bien entretenus où se dressent épicéas, sapins, et mélèzes avec quelques aulnes et saules arborescents. Les zones plus humides comprennent de vastes tourbières d'épinettes et des marécages de laîches et de bouleaux nains. Bien qu'on la trouve généralement en terrain plat, la terre boisée occupe aussi les pentes montagneuses le long de la ligne frontière, séparant les Territoires du Yukon et du Nord-Ouest, ainsi que dans les montagnes Ogilvie-Eagle Plains au nord du Yukon. La saison de croissance y est fraîche, avec une moyenne mensuelle de température qui varie entre 10° et 140°C. Le pergélisol n'est continu que dans la partie nord de la région. La couche active varie de 80 à 200 cm. Une couverture de tourbe recouvre une grande partie de la surface sauf sur les pentes où les couches actives peu profondes et la solifluxion empêchent son développement. De même que dans la toundra, le pergélisol est isolé par la couche organique et est sujet à la fonte et à l'affaissement si cette couche est perturbée.

RÉGION DE RÉGÉNÉRATION DU SOL	CARACTÉRISTIQUES DE LA VÉGÉTATION	CARACTÉRISTIQUES DU PERGÉLISOL	POTENTIEL DE RÉGÉNÉRATION
Désert polaire	Les zones les mieux drainées comportent des lichens et des tapis de mousse à faible croissance. Les zones humides comportent des joncs et des herbes. La couverture végétable est parsemée.	Le pergélisol est continu. La couche active est de 20 à 60 cm. La nappe organique est insuffisante pour créer une couche superficielle isolante.	Une perturbation de la nappe organique pendant l'aménagement d'un dispositif de drainage n'est pas un problème. Aucune espèce pour la revégétation n'a été découverte.
Toundra	Les zones les mieux drainées comportent des bouleaux nains et des saules arborescents. Les zones humides comportent des prés de linaigrette et de joncs. La couverture végétale est presque complète.	Le pergélisol est continu. La couche active varie de 40 à 100 cm. La couche organique et la couverture végétable constituent une couche importante d'isolation.	L'aménagement d'un dispositif de drainage dans un endroit où le pergélisol est riche en glace, doit se faire avec perturbation minimale de la nappe organique. Le retour de la végétation naturelle est lent. L'accélération de la revégétation est possible.
Terre boisée	Les zones les mieux drainées comportent des arbres dégagées tels que des épicéas, sapins et mélèzes avec des aulnes et des saules arborescents. Les zones humides comportent des vastes tourbières d'épinettes et des marécages de joncs et de bouleaux nains. La couverture végétale est souvent consitutée de lichens colorés s'alternant avec des zones herbeuses et arborescentes, ou des landes arides et rocailleuses.	Le pergélisol n'est continu que dans la partie nord de la région et est discontinue dans le reste. La couche active varie de 80 à 200 cm. La couche active varie de 80 à 200 cm. La nappe organique et la couverture végétale constituent une couche importante d'isolation.	Les zones découvertes, avec une pente faible peuvent subir une érosion sévère pendant la fonte printanière. Un soin particulier s'impose dans la conception et la mise en place d'un dispositif de drainage à cause de la lenteur variable en glace du pergélisol. On a identifié un bon nombre d'espèces commerciales pour la revégetation de cette région.
Forêt	Les espèces d'arbre principales comprennent le sapin et l'épicéa, le pin, le mélèze, le bouleau et le peuplier (tremble et baumier). Une grande partie de cette région est boisée, bien qu'on y trouve de vastes tourbières et marécages dans les zones les plus humides.	Le pergélisol est discontinu. La couche active varie en principe de 100 à 200 cm, mais elle est peu profonde dans les sols organiques mal drainés.	Les zones découvertes mêmes à faible pente peuvent subir une érosion grave pendant la fonte printanière. Un soin particulier s'impose dans la conception et la mise en place d'un dispositif de drainage à cause de la teneur variable en glace du pergélisol. On a identifié un bon nombre d'espèces commerciales pour la revégétation de cette région.

Bien qu'une grande partie de cette région soit relativement plate et sans relief, la planification soignée du drainage et des mesures d'érosion est nécessaire. D'importantes masses d'eau se déplacent à travers la région pendant la fonte printanière et les sols minéraux découverts, même sur un terrain de faible inclinaison, peuvent être soumis à une grave érosion. On a identifié, pour la revégétation, à court et à long terme, un certain nombre d'espèces qui peuvent protéger les sols minéraux. Les sols organiques, situés sur des terrains stables, plats ou en cuvette, ne sont pas aussi sensibles à l'érosion, et le retour de la végétation n'y est généralement pas une grande priorité.

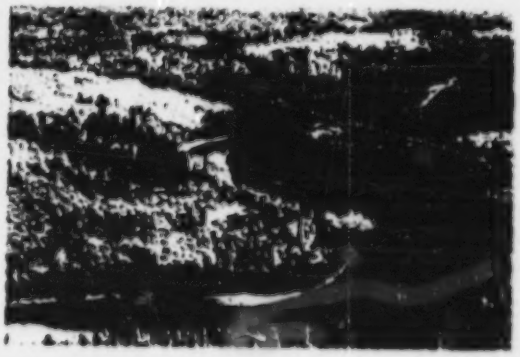
• **paysage typique de la terre boisée.**

La forêt

La région de la forêt s'étend principalement au sud de la région de la terre boisée à l'exception de la vallée du fleuve MacKenzie et de la zone du Grand Lac des Esclaves où l'influence de la forêt s'étend également vers le nord, à cause de l'influence modératrice exercée sur le climat par ces masses d'eau. La plupart de cette région est boisée bien qu'on y trouve de vastes zones de tourbières et de marécages, surtout aux alentours de Fort Simpson. Les espèces principales de la forêt comprennent l'épinette, le pin, le bouleau, le tremble et le peuplier. Cette région du Nord a la saison de croissance la plus favorable, avec des moyennes mensuelles de température variant de 13° à 15° C et des précipitations mensuelles d'environ 40 à 50 mm. Des fûts d'une taille propre au sciage sont chose courante dans les sols de granulosité moyenne des zones de crues des grands fleuves (Mackenzie, Liard, Arctic Red, etc).

Le pergélisol est discontinu dans cette région où la couche active a souvent plus de 2 m d'épaisseur. Dans les endroits les mieux drainés, surtout au sud, le sol est relativement épais et sans pergélisol. Dans les endroits mal drainés, les sols organiques prédominent et le pergélisol est souvent très proche de la surface. À l'exception de la présence du pergélisol, les possibilités de régénération du sol de cette région sont semblables à celles des régions de forêt boréale dans le reste du Canada. Cependant, comme des variations minimes dans les pentes et le drainage peuvent influencer considérablement la teneur en glace du pergélisol, la conception et la mise en place d'un dispositif de drainage demandent beaucoup de soins. Ici, comme dans la terre boisée, l'écoulement des eaux peut être délicat et le ruissellement printanier plutôt intense.

Même les zones de relief modéré peuvent être soumises à l'érosion, encore aggravée par la présence de pergélisol. À cause d'un climat plus doux, le sol y est mieux développé que dans les autres régions considérées et se prête mieux aux opérations de régénération. Un bon nombre d'espèces sont disponibles pour la revégétation, et la plupart peuvent fournir une bonne couverture végétale dès la première année.



• **paysage typique de la forêt boréale.**

Chapitre 3: La planification

Le rénégération du sol doit être considérée pendant toute la durée d'un aménagement et non pas seulement dans ses dernières étapes. L'élaboration d'un plan de remise en état du sol avant les travaux réduira l'impact du projet sur l'environnement et augmentera l'efficacité du budget final versé à la revalorisation du sol.

LA PLANIFICATION AVANT CONSTRUCTION RÉDUIT L'IMPORTANCE DES FUTURS TRAVAUX DE RÉGÉNÉRATION

Le présent chapitre offre des directives pour la mise au point d'un plan de régénération du sol. À la fin du chapitre, on trouvera un formulaire des travaux à effectuer lorsqu'on entreprendra la remise en état des terrains.

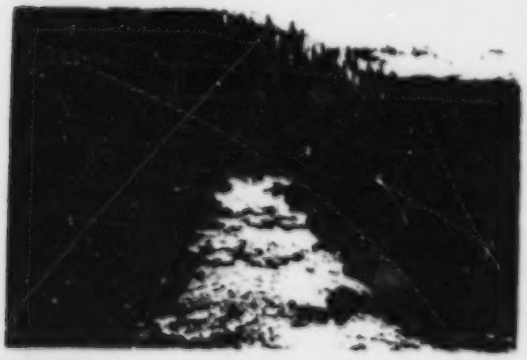
DÉTERMINATION DES CONDITIONS PRINCIPALES DE RÉGÉNÉRATION DU SOL

La régénération du sol peut exiger tel ou tel traitement particulier selon l'objectif visé, et la région de régénération où se situe le projet. Les questions suivantes permettent de déterminer à l'avance la nature et l'amplitude des travaux nécessaires.

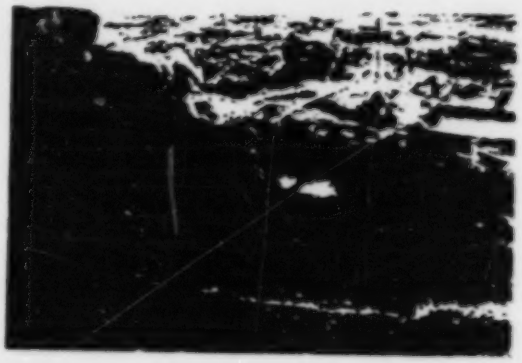
LE DEGRÉ D'ÉROSION SUPERFICIELLE EST-IL PRÉVISIBLE? LA REVALORISATION VISE-T-ELLE À RÉTABLIR LA STABILITÉ DU SOL?

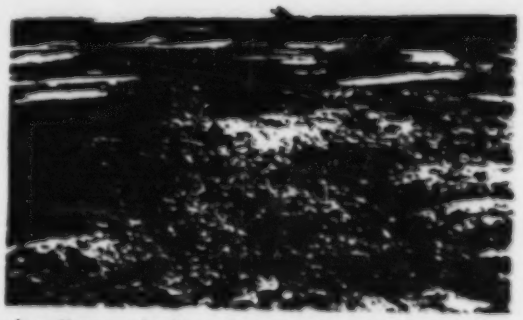
Dans les zones où le défrichement et les travaux de construction aboutiraient à la dénudation de pentes en terrain très susceptible à l'érosion et où le pergélisol serait exposé à la fonte, des mesures particulières sont exigées pour préserver la stabilité du sol et prévenir l'érosion. Toutefois, si l'aménagement est réalisé dans une région où le potentiel d'érosion est négligeable et où le retour de la végétation se produit naturellement, les travaux de restauration peuvent être facultatifs.

Si vous pensez que votre projet serait dans cette catégorie, discutez-en avec votre inspecteur de l'aménagement du territoire.



• **l'habitat du poisson est en péril si ce passage n'est pas restauré.**





• **le nettoyage des lieux d'un puits dans le désert polaire (photo du haut) a été suffisant pour restaurer l'endroit dans son aspect quasiment naturel (photo du bas).**

EST-IL PRIMORIDAL D'ENCOURAGER LE RETOUR DE L'HABITAT NATUREL?

Les aménagements réalisés à proximité de zones naturelles où le poisson et le gibier sont abondants devraient pouvoir, à leur terme, céder la place à un milieu écologique comparable. Dans ce cas, on se doit de régénérer l'endroit en veillant au rétablissement de la végétation et au renivellement du terrain.

L'ASPECT ESTHÉTIQUE EST-IL IMPORTANT?

Dans les zones fréquemment visitées, les paysages bouleversés sont inesthétiques. Dans de tels cas, on devra accorder une importance égale simultanément aux lignes et profils, au drainage, aux mesures anti-érosion et au repeuplement végétal.

• un passage proprement restauré améliore l'esthétique.

PLANIFICATION DE LA REMISE EN ÉTAT DU SOL

Avant de définir un plan de régénération du sol après les travaux, il faut décider de ce que deviendra le paysage après l'exécution du projet, une fois identifiées les exigences de la régénération du sol. Une étude préalable du paysage après sa remise en condition naturelle vous aidera à mieux planifier vos travaux d'aménagements, comme le nivellement et le déblaiement, de sorte à minimiser l'intervention après les travaux de construction.

Le processus de régénération du sol comprend six étapes:

(1) Identification de l'endroit, du genre et de l'amplitude de la perturbation du sol.

(2) Analyse de l'état du sol après la perturbation.

(3) Étude des méthodes de manutention des matériaux.

(4) Étude des dispositions à prendre en matière de drainage et d'érosion.

(5) Détermination du repeuplement végétal nécessaire.

(6) Établissement d'un programme de régénération du sol et commande des matériaux.

Il semble à priori qu'il faille obtenir énormément d'informations, cependent la plupart auront déjà été fournies lors des premières phases de planification d'un projet. Chaque étape est expliquée ci-dessous; on a établi une liste d'informations qu'il faudra recueillir sur le formulaire de travail disposé à la fin de ce chapitre.

LES INFORMATIONS RECUEILLIES SUR LA RÉGÉNÉRATION DU SOL DOIVENT ÊTRE INCLUSES DANS LA PLANIFICATION GÉNÉRALE DU PROJET

(1) Identification de l'endroit, du genre et de l'amplitude de la perturbation du sol

PRÉVOIR LE DEGRÉ DE PERTURBATION DU TERRAIN

Pour les besoins de la régénération du sol, les perturbations de terrain conséquentes à un projet d'exploitation peuvent être classées en deux catégories:

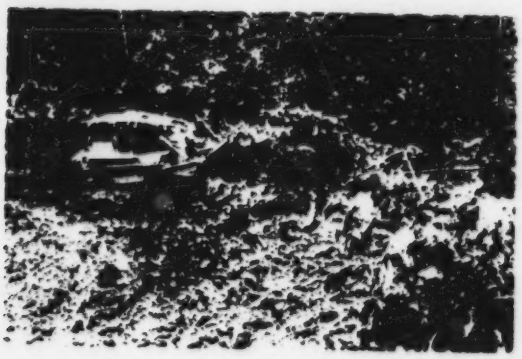
(a) Celle qui démontre un minimum de perturbation de la couche de surface.

(b) Celle qui démontre d'importantes perturbations de la surface comportant des excavations ou un nivellement considérable

La plupart des aménagements comportent les deux types de perturbations à des degrés divers. Le genre de perturbation est un facteur important à considérer, pour évaluer les besoins en matière de drainage et de mesures

• les lieux défrichés avec perturbation minimale de la surface peuvent revégéter naturellement.

d'érosion. Il détermine également s'il faut prendre des mesures pour aider le retour de la végétation ou bien si cela se fera naturellement. En effet, la végétation d'une surface qui n'a subi que des perturbations mineures peut repousser naturellement, tandis qu'en cas de perturbation majeure (excavation et terrassement), il est presque indispensable de relancer la végétation.



• les lieux fortement inclinés ont besoin d'une revégétation assistée.

UN BON EMPLACEMENT DE CHANTIER D'AMÉNAGEMENT RÉDUIRA LES TRAVAUX DE RESTAURATION

Un des facteurs importants dans le calcul des interventions pour régénérer les sols perturbés est le choix de l'emplacement d'un aménagement. Afin de réduire les coûts de cette intervention, on devrait observer les objectifs suivants pendants la campagne de planification.

(a) Limiter les excavations et les perturbations de la surface aux terrains plats ou de faible pente.

(b) Eviter les excavations et les perturbations de la surface des terrains à pergélisol riche en glace, a granulométrie fine, et mal drainés.

(c) Réserver les franchissements de cours d'eaux aux terrains ayant des abords réguliers et une granulométrie grossière.

(d) Grouper au possible les constructions, dans les camps et sur les chantiers de forage, en respectant les termes et les conditions du permis d'utilisation des terres, et la situation locale.

RESTREINDRE L'AMPLEUR DE LA PERTURBATION

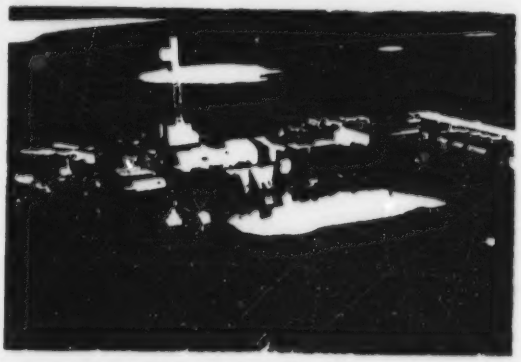
La superficie de la zone perturbée détermine en partie la nécessité et le coût de sa restauration. Pour réduire au minimum les perturbations:

(a) Ne déblayer que la surface nécessaire pour mener les travaux à bien.

(b) Baliser la zone à défricher

(c) Limiter les travaux de construction à la zone dégagée.

DÉLIMITER LES CHANTIERS ET LE GENRE DE PERTURBATION DU SOL SUR LES CARTES ET LES PHOTOS DE LA ZONE D'AMÉNAGEMENT



• grouper au mieux l'ensemble des aménagements d'un lieu en respectant le site et les termes du permis d'utilisation des terres.

(2) Analyze de l'état du sol après la perturbation

À la suite des perturbations, l'état de la surface est défini par cinq paramètres principaux qui orienteront la restauration.

(a) La pente

(b) La nature de sol

(c) La texture du sol

(d) Le degré d'humidité du sol

(e) La présence ou l'absence de pergélisol

UNE DÉNIVELLATION SUPÉRIEURE À 5' PEUT EXIGER UN CONTRÔLE DE L'ÉROSION

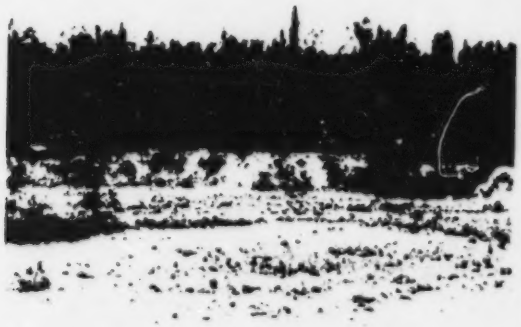
Un sol perturbé sur une pente supérieure à 5% * pourrait nécessiter des mesures pour freine l'érosion afin d'assurer la stabilité du terrain pendant la repousse (chapitre 4)

CONTRAIREMENT À LA PLUPART DES SOLS ORGANIQUES, LES SOLS MINÉRAUX NÉCESSITERAIENT DES MESURES ANTI-ÉROSION

* Dans cette brochure, l'inclinaison est définie en terme de pourcentage. Consulter l'appendice A ou se trouve une table d'équivalence entre le faux, l'angle et le rapport d'une inclinaison

Les sols organiques se développent généralement mieux en terrain plat et sont peu érodables. Dans le cas d'une perturbation modérée de la surface, des mesures anti-érosion ne seraient peut-être pas requises, et il se peut que le repeuplement végétal naturel soit suffisant. Cependant, si la terre organique devient pulvérulente ou boueuse, et si l'on prévoit des débits d'eau volumineux par exemple lors du dégel printanier, il faut alors prévoir des mesures pour freiner l'érosion et éventuellement, un repeuplement végétal assisté.

Les sols minéraux sont généralement plus facilement sujets à l'érosion que les sols organiques. Ils exigent fréquemment des mesures anti-érosion et une revégétation assistée.



• il sera nécessaire de prendre des mesures pour freiner l'érosion du sol organique bourbeaux à droite sur la photo.

LES SOLS SABLEUX ET CAILLOUTEUX SONT MOINS SUJETS À L'ÉROSION QUE LES SOLS ARGILEUX ET LIMONEUX

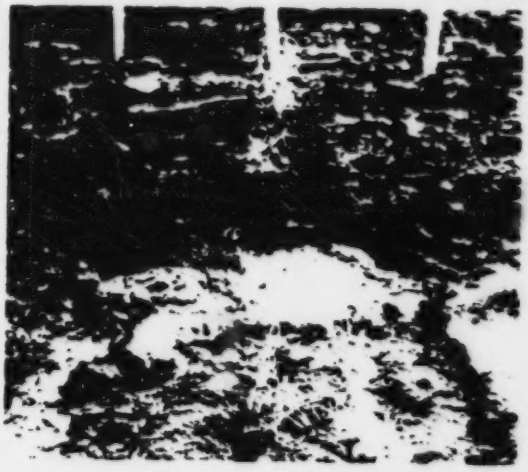
La connaissance de la texture d'un sol révèle à la fois sa résistance à l'érosion et sa capacité d'absorber l'eau. On peut ainsi en déduire la marche à suivre en vue de sa restauration. Les terrains sableux et caillouteux sont moins érodables mais ont une plus petite capacité de rétention de l'eau que les terrains argileux et limoneux; ils nécessiteront moins de mesures anti-érosion mais plus d'assistance au repeuplement végétal.

DÉTERMINER LE DEGRÉ D'HUMIDITÉ DU SOL

Les mélanges de semences, dans une même "région de régénération des sols", devront être choisis en fonction de l'humidité des terres à restaurer (chapitre 6). Deux catégories d'humidité du sol sont à considérer lorsqu'on choisit les semences: sec à humide et humide à mouillé (ce qui inclut les terrains inondés au printemps).

DÉCRIRE LES CARACTÉRISTIQUES DU PERGÉLISOL

Les caractéristiques du pergélisol (chapitre 4) déterminent la nature et l'ampleur des mesures à prendre pour le drainage et pour freiner l'érosion; elles déterminent aussi en partie le degré d'humidité du sol



• un programme de drainage et de revégétation s'impose pour ce sol minéral.

INDIQUER L'ÉTAT DU SOL SUR LES CARTES ET LES PHOTOS DE LA ZONE D'AMÉNAGEMENT

(3) Étude des méthodes de manutention des matériaux

ENLEVER LA TERRE ET LA STOCKER POUR LA RÉUTILISER LORS DE LA RESTAURATION

Dans la plupart des cas, la couche superficielle est le meilleur des matériaux pour la revégétation. Elle devrait être récupérée si des travaux d'excavation ou de terrassement profond sont nécessaires. Pour mener à bien cette récupération, on devra penser aux étapes suivantes:

(a) Où enlever la terre

(b) Jusqu'à quelle profondeur l'enlever

(c) Où la stocker

(d) Où la répandre à nouveau

N'ENLEVER LE SOL QUE DANS LES ZONES QUI NÉCESSITENT UNE EXCAVATION OU DES TERRASSEMENTS EN PROFONDEUR

Enlever le sol en vue des travaux d'excavation de carrières d'emprunt, de fossés ou de mines, ainsi que dans les zones de terrassement important.

• enlever et conserver la couche superficielle du sol pour la répandre à nouveau avant la revégétation.

ENLEVER 15 À 40 cm DE LA TERRE DE SURFACE

La couche à enlever est celle qui contient la plus grande partie des racines des plantes, c'est-à-dire environ 15 à 40 cm de la couche de surface.

STOCKER SÉPARÉMENT LA TERRE DE SURFACE ET LE MORT-TERRAIN

Pour éviter de mélanger la couche de surface et les couches sous-jacentes, les stocker séparément. Les meilleurs endroits de stockage des matériaux sont en terrain plat et sec, et où ils ne risquent pas d'entraver les travaux ou d'être contaminés.

MARQUER LES ZONES DE DÉPOUILLEMENT DU SOL, DE STOCKAGE, ET DE RECOUVREMENT SUR LES CARTES ET LES PHOTOS DE LA SURFACE D'EXPLOITATION

(4) Étude des dispositions à prendre en matière de drainage et d'érosion

Après avoir identifié les caractéristiques de perturbation du sol, analysé l'etat de la surface du sol et étudié la manutention des matériaux, on peut projeter les travaux de drainage pour contrôler l'érosion. On doit calculer ceux-ci en fonction des sortes de matériaux extraits et empilés et que l'on doit réutiliser et de la nature de la zone perturbée. On discute du drainage et du contrôle de l'érosion dans le chapitre 4.

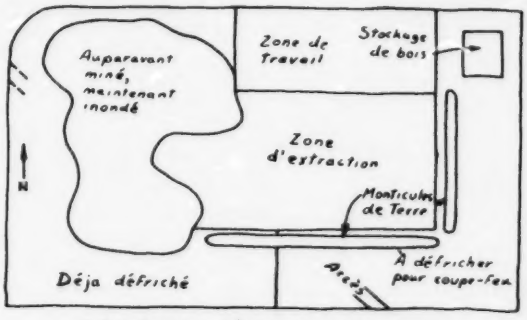
SPÉCIFIER LES TRAVAUX DE DRAINAGE SUR LES CARTES ET LES PHOTOS DE LA ZONE D'EXPLOITATION

• si l'on doit laisser ce tas de terre en stockage pendant plus d'une saison de croissance, il faut le végéter.

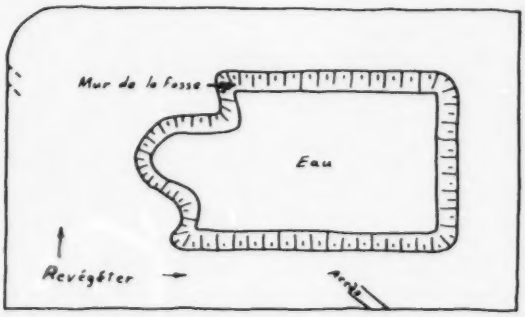
(5) Détermination du repeuplement végétal nécessaire

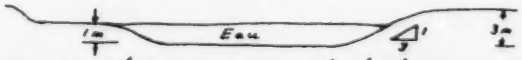
Après avoir pris les mesures de drainage, on doit penser à la revégétation. Ce problème est détaillé dans les chapitres 5 et 6. On devrait éviter de stocker au-delà d'une saison de croissance, les sols conservés pour la revégétation, afin de réduire leur perte par l'érosion.

SPÉCIFIER LES TRAVAUX DE REVÉGÉTATION SUR LES CARTES ET LES PHOTOS DE LA ZONE D'EXPLOITATION



SCHEMA D'EXPLOITATION





PLAN DÉFINITIF DE RÉGÉNÉRATION

• photographier et cartographier les lieux à régénérer avant d'entreprendre les activités sur le terrain.

(6) Établissement d'un programme de régénération du sol et de commande des matériaux

UN PROGRAMME INADÉQUAT DE LA RÉGÉNÉRATION DU SOL PEUT REVENIR CHER

Un programme approprié des travaux de restauration est important. Au possible, tous les travaux devraient s'effectuer au fur et à mesure de l'avancement des constructions en prenant avantage de l'équipment mécanisé et des hommes qui sont sur place, et en évitant plus tard leur éventuel rappel (coûteux).

Les matériaux nécessaires pour la régénération du sol doivent être commandés à l'avance de sorte à ce qu'ils soient disponibles au moment du démarrage des travaux. Penser aux frais de transport des semences et des engrais et à leur acheminement routier qui est meilleur marché.

• commandez à l'avance vos matériaux afin qu'ils soient sur place au moment de régénérer un terrain.

Formulaire de Travaux de Régénération du Sol

Le contenu de ce formulaire suit le sommaire de la brochure, nature du sol perturbé, conditions du sol, drainage, revégétation et contrôle. Chaque question du formulaire est suivi d'un numéro de page de brochure à laquelle on pourra se reporter pour obtenir plus d'information sur le sujet. En considérant les points essentiels présentés dans ce formulaire et en complétant au besoin les marges appropriées, vous pouvez déterminer selon votre projet les mesures à prendre pour régénérer le sol.

DESCRIPTION DE LA PERTURBATION ENVISAGÉE

1. S'agit-il seulement d'une perturbation minimale de la couche de surface, ou alors s'agit-il d'une perturbation majeure telle qu'une excavation ou un nivellement important? (page 11)

2. Quels sont les angles des pentes de la zone perturbée? (page 12) Au possible, limitez les perturbations du sol et les excavations aux terrains à faible inclinaison.

3. La perturbation se produit-elle en sol organique ou minéral? (page 13). La nature du sol a une influence sur son degré hygrométrique et son potential d'érosion.

4. S'attend-on à ce que les surfaces soient mouillées? (page 13). Les pentes humides demandent une attention supplémentaire de contrôle de l'écoulement.

5. Y a-t-il du pergélisol? Si oui quel en est sa teneur en glace: pauvre, modérée, ou riche? (page 22). Evitez les perturbations du sol et les excavations dans les zones contenant des couches de pergélisol riche en glace, celles-ci sont sensibles aux affaissements.

6. Déterminez une surface nécessaire minimum pour l'établissement de votre projet. (page 12) Limitez vos activités de construction à l'intérieur de cette aire.

7. Pour vous aider dans votre planification, dessinez ou photographiez la zone qui sera perturbée et indiquez l'ampleur et la nature de la perturbation. (page 15).

CONTRÔLE DE L'ÉROSION

8. Déterminez l'angle selon lequel les pentes perturbées seront renivelées. (page 21).

_____

_____

9. Faites des coupes verticales dans les zones de pergélisol riche en glace. (page 22).

_____

_____

10. Les excavations ou les fossés seront-ils remblayés avec des matériaux gelés? Si oui, déterminez les lieux et prévoyez un excédent pour compenser à l'entassement. (page 22).

11. A-t-on pris des dispositions pour permettre l'écoulement transversal sur un aménagement linéaire? Si oui, où et comment? (page 23).

12. Aura-t-on besoin de talus de diversion? Si oui, où? (page 23).

13. Pour ériger les talus, utilisera-t-on le sol ou des sacs de sable? (page 24).

14. En ce qui concerne les talus:
    (a) Espacez les talus selon le tableau de la page 24.
    (b) Assurez-vous que le gradient le long des talus soit entre 5 et 10% ou que le talus lui-même soit incliné d'au moins 60° avec la ligne de déjection. (page 24).

15. Des toiles ou des filets seront-ils nécessaires pour protéger une surface? Si oui, où? (page 25).

16. Devra-t-on dévier les canaux de drainage? Si oui, où et comment? (page 25).

17. Comment concevra-t-on le lit des fossés? (page 25).

18. Qu'utilisera-t-on pour créer des barrages dans les fossés? (page 26).

REVÉGÉTATION

19. Fera-t-on appel à un spécialiste? (page 33).

_____

_____

20. Le retour de la végétation peut-il se produire naturellement? (page 27).

_____

_____

21. La couche superficielle du sol sera-t-elle dépouillée et stockée en vue de sa réutilisation? Si oui, notez les endroits et jusqu'à quelle profondeur. (page 13).

_____

_____

22. Où le sol dépouillé sera-t-il stocké? (page 14).

_____

_____

23. Comment doit-on travailler la surface avant la revégétation? (page 27).

_____

_____

24. Où répandra-t-on de nouveau les sols stockés après leur dépouillement? (page 28).

_____

_____

25. Quelles surfaces devront être labourées et hersées? (page 28).

_____

_____

26. Sélectionnez vos semences selon leurs spécifications et n'achetez que les graines Canada No. 1 certifiées. (page 32).

_____

_____

27. Déterminez vos besions d'engrais. Quel mélange d'engrais faut-il utiliser et quelle quantité? (page 34).

_____

_____

28. Déterminez les dates auxquelles l'ensemencement sera le plus fructueux. (page 28).

_____

_____

29. Sélectionnez un système d'épandage adéquat où l'on puisse calibrer le taux de dispersion des semences et engrais.(page 29).

_____

_____

30. Au possible, hersez le sol pour recouvrir les graines (page 30).

_____

_____

31. Considérez la technique des boutures de saules pour renforcer les sous-couches. Identifiez les zones qui ont besoin de boutures ainsi que les endroits où trouver des boutures. (page 30).

_____

_____

CONTRÔLE

32. Quels sont les buts du contrôle? (page 36).

_____

_____

33. Établissez des sections de contrôle de façon appropriée. (page 36).

_____

_____

NOTES ET CROQUIS

Chapitre 4:
Drainage et contrôle de l'érosion

Après le bureau d'étude, les travaux de drainage constituent la première étape concrète du dispositif de restauration. Et le premier objectif de cette étape est de stabiliser immédiatement la surface. En second lieu on s'occupera du retour de la végétation sur une surface stabilisée. Amorcer la revégétation sans avoir considéré les écoulements d'eau pourraient réduire le succès de la repousse voire même aboutir à un échec.

RENDRE LE DRAINAGE EFFICACE DE SORTE À STABILISER LA SURFACE

• après l'avoir revégétée, cette pente s'est effondrée parce qu'on y a négligé un dispositif de drainage.

Le drainage s'effectue en deux étapes:

(1) Étude du profil des pentes

(2) Construction d'un dispositif de drainage pour contrôler l'érosion

ÉTUDE DU PROFIL DES PENTES

Les chantiers nécessitant des déplacements de matériaux devront probablement rétablir le denivelé des pentes pendant la restauration. La dénivellation finale devrait être compatible avec la topographie environnante, permettre l'écoulement en surface, et être conçue de sorte que l'eau soit évacuée des zones d'excavation et construction.

• cette pente proprement nivelée est prête à l'ensemencement.

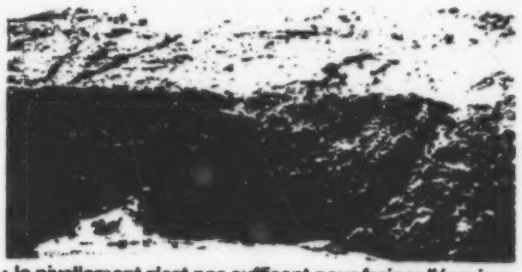
DIRIGER L'ÉCOULEMENT HORS DES EXCAVATIONS ET DES CONSTRUCTIONS

Pentes avoisinantes exemptes de pergélisol

Les pentes environnantes qui ne contiennent pas de pergélisol devraient être arrondies en haut et en bas pour réduire le risque d'une coulée de terrain.

NE PAS CRÉER DE SURFACES LISSES

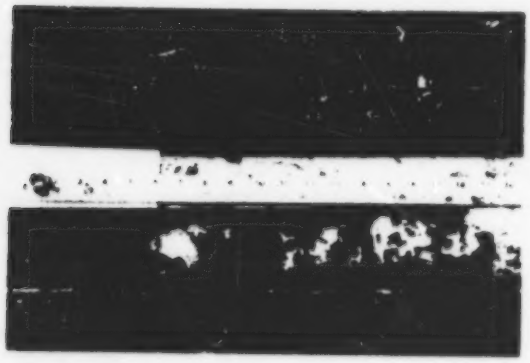
La surface devrait être homogène et nivelée à un degré qui ne dépasse pas 50% si la pente est sableuse ou caillouteuse et est bien drainée, ou 33% si le pente est mal drainée et contient des sédiments de fine granulosité. Les roches, qui favorisent le retour de la végétation en offrant des microsites, devraient être préservées à moins qu'elles ne risquent de rouler en bas de la pente.



• le nivellement n'est pas suffisant pour freiner l'érosion; une revégétation est également nécessaire.

Pentes avoisinantes riches en pergélisol

Si l'on retouche les pentes riches en pergélisol, il faut prendre en considération cette partie gelée du sol. Le comportement d'un sol congelé soumis à une fonte dépend principalement de sa teneur en glace. On veillera, par des observations visuelles, s'il existe, en prélevant des échantillons ou en examinant une saillie, des quantités excessives de glace sous forme lenticulaire ou en fine couche. Si tel est le cas, on devrait estimer approximativement la quantité d'excès de glace exprimée relativement en pourcentage d'épaisseur totale de glace dans une épaisseur d'échantillon considéré.



• l'épaisseur totale de glace est approximativement 26 cm; l'épaisseur totale de l'échantillon est approximativement 50 cm; l'excès de glace = 25/50 = 50%.

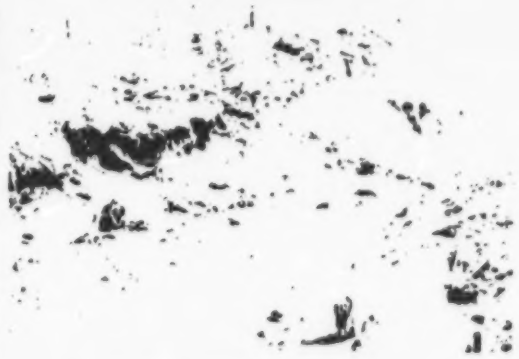
LES PENTES RICHES EN GLACE EXIGENT UNE ATTENTION PARTICULIÈRE

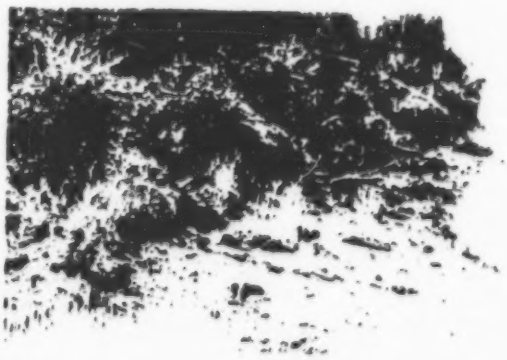
Pour refaire le profil d'une pente haute de 1 à 5 m dans une zone de pergélisol, suivez les directives suivantes. Pour des pentes plus hautes que 5 m, consultez un géotechnicien.

(1) Si la pente latérale est pauvre en glace (visiblement moins de 5% d'excès de glace), arrangez-la d'une inclinaison de 50% maximum et arrondissez le haut et le bas.

(2) Si la pente latérale a une teneur moyenne de glace (visiblement de 5 à 20% d'excès de glace), ou si l'on pense qu'elle sera humide à la suite de ruissellements ou de suintements de la couche active, dénivellez jusqu'à 33% au moins et arrondissez les parties supérieures et inférieures.

(3) Si la pente latérale est riche en glace (visiblement plus de 20% d'excès de glace), faites une coupe verticale et laissez la pente se stabiliser naturellement. L'expérience a montré qu'une coupe verticale haute de 1 à 5 m dans un sol riche en glace, peut rester stable sur une période de plusieurs années. Retenez la couverture organique derrière la coupe car elle forme un élément essentiel au processus de stabilisation. Enlevez les arbres au-dessus de la coupe sur une distance égale à deux fois la hauteur de la coupe, sinon, au cours de cette stabilisation naturelle, les arbres pourraient tomber en arrachant la couverture organique. N'abandonnez pas des pentes riches en glace à moins de 50% d'inclinaison car il pourrait s'y développer à long terme des conditions d'instabilité.





• les coupes verticales dans cette pente riche en glace (photo du haut) se sont stabilisées naturellement sur une année (photo du bas).

LAISSER LES REMBLAIS SE TASSER

Les excavations et les fossés remblayés par des matériaux congelés vont remarquablement s'entasser en relachant l'eau à la fonte. Il s'en suit des affaissements et des flasques d'eau indésirables.

Si les matériaux de remblai n'ont qu'une faible teneur en glace, on peut se contenter de remblayer à un

niveau au-dessus du profil régulier pour compenser l'entassement dû à la fonte. La règle pratique est d'excéder le remblayage à 20%.

Si les matériaux de remblai sont riches en glace, il faut en rechercher une autre source qui soient plus stables au dégel, surtout pour les travaux sur pente où les remblais pourraient ruisseler en se réchauffant.

• un remblayage avec un sol (pauvre en glace) stable au dégel.

ÉTABLISSEMENT D'UN SYSTÈME DE DRAINAGE ET DE CONTRÔLE DE L'ÉROSION

Le contrôle du drainage et le contrôle de l'érosion vont de pair de sorte que si le drainage est bien contrôlé, une bonne partie de l'érosion sera également contrôlée.

Le contrôle du drainage et de l'érosion commence lors du nivellement final des pentes en s'adaptant d'abord au système de drainage de l'environnement et en s'assurant ensuite d'un drainage adéquat au-dessus de la zone perturbée. Pour réaliser ces objectifs, il se peut qu'on construise des talus de diversion ou des fossés d'écoulement pour diriger l'eau au travers ou hors des zones perturbées, et, au besoin, qu'on installe une toile pour stabiliser un terrain pentu.

PERMETTRE L'ÉCOULEMENT TRANSVERAL

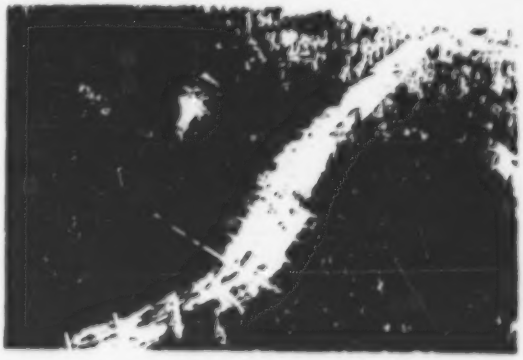
Sur un aménagement assez plat, on doit permettre l'écoulement transversal au plus bas point topographique, mais dans les sections pentues, on le fera à intervalles réguliers. On devrait ouvrir des sillons, ou des canaux transversaux, pour y permettre le ruissellement. Le drainage de surface devrait y orienter l'eau et ainsi l'évacuer le plus rapidement possible.

Dans les zones de pergélisol, l'eau ne devrait pas s'accumuler à proximité des embouchures des sillons, ou même creuser des rigoles le long du passage. L'eau réchauffe et dégèle le pergélisol, accélérant ainsi l'érosion.

• cette ouverture dans le talus produit un écoulement transversal sur le passage.

Talus de diversion

Le long d'un aménagement situé sur une pente de plus de 5%, on devrait prévoir un talus pour y empêcher la formation de rigoles. Ce talus devrait s'étirer à 1 ou 3 m environ au-delà de la surface perturbée pour répandre l'eau dans les terrains non perturbés et éviter le ravinage et la formation des flaques.



• il faut des talus de diversion pour freiner l'érosion des pentes.

CONTRÔLER LES SÉDIMENTS D'ÉROSION

En sortant d'un talus de diversion, on devrait prévoir une sorte de dispositif visant à contrôler ou réduire la vitesse de l'écoulement voire même à stopper et déposer les sédiments d'érosion. Sinon, le drainage détourné par le talus pourrait éroder toute l'aire de déjection en dehors de la zone de restauration. Pour cela, on peut faire une obstruction à l'aide de roches, de troncs d'arbre et de broussailles. Cette mesure n'est peut-être pas nécessaire si le talus aboutit déjà sur un terrain non perturbé et riche en végétation.

L'ESPACE ENTRE LES TALUS EST EN FONCTION DE L'INCLINAISON

Le tableau ci-dessous indique la distance qu'il faut prévoir entre les talus en fonction du taux de la pente. Cela ne s'applique qu'aux terrains facilement érodables tels que sableux, argileux, limoneux ou dont la couche organique a été perturbée. Les terrains non perturbés ou caillouteux ne sont pas aussi érodables et n'exigent pas de talus sauf sur une inclinaison de 30% ou plus.

Inclinaison (%)	Distance entre les talus (m)
5-10	50
10-15	25
15-20	17
20-25	12

Si l'inclinaison longitudinale dépasse 25% en terrain érodable et 30% dans l'autre cas, on devrait consulter un géotechnicien pour qu'il conseille un système de drainage et de contrôle de l'érosion.

POUR ÉRIGER DES TALUS, UTILISER LES MATÉRIAUX LOCAUX OU DES SACS DE SABLE

La procédure la plus courante pour construire des talus en terrain dégelé ou dont le pergélisol est à faible teneur en glace, est de remblayer sur les côtés la couche superficielle du sol en formant un monticule. On peut même creuser un fossé de l'autre côté de la butte pour contrôler l'écoulement. Les matériaux sortis du fossé peuvent servir à la construction du talus. On peut aussi utiliser des troncs d'arbre pour former un talus mais alors, ils devront être soigneusement recouverts de matériaux.

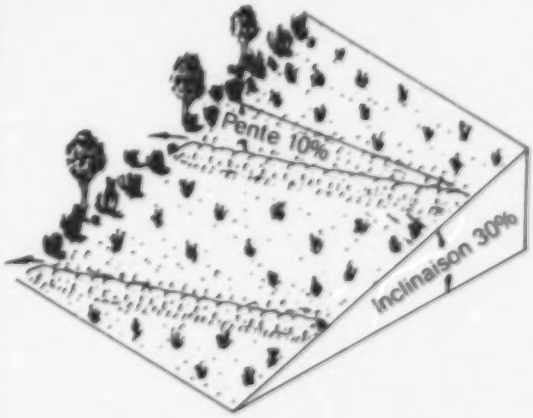
Si du pergélisol riche en glace est présent, on devrait plutot utiliser des sacs de sable pour ériger un talus.

• un talus de terre entassée en forme de monticule.

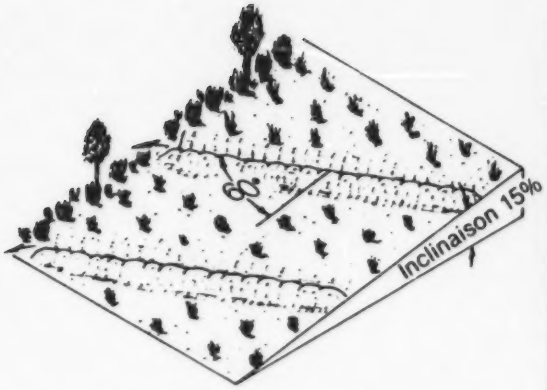
Les sacs en toile de jute sont préférables parce qu'ils sont plus résistants aux rayons ultra-violets que les tissus en fibre artificielle. On devrait empiler les sacs en quinconce pour minimiser les ouvertures.

• dans les zones de pergélisol, il est préférable d'ériger les talus en sacs de sable.

Les talus devraient être construits de sorte à ce que le gradient **le long du talus** soit entre 5 et 10% ou que les bords du talus tombent d'un angle d'au moins 60°.



• sur des pentes supérieures à 15%, le gradient le long du talus doit être entre 5 et 10%.



• sur des pentes de 15% ou moins, il faut orienter les talus à 60% au moins avec la ligne de déjection.

Les Fossés de drainage

Pour dévier un ru ou un ruisseau, on peut construire un fossé de drainage. La taille du fossé doit être estimée en fonction du débit d'eau maximum en régime de crue. En général, le lit du cours d'eau donne la dimension à cette mesure.

CONSOLIDER LES FOSSÉS DE DRAINAGE QUI SUPPORTENT DES DÉBITS IMPORTANTS

Si à la suite de la fonte printanière ou des pluies estimales, on pense qu'un fossé serait trop chargé en eau, on devrait le paver de roches et de cailloutis pour qu'il résiste à la force d'érosion. Et si le lit d'un tel fossé engorgé est d'un sol sablonneux ou à fine granulosité, lequel serait alors sensible à l'érosion, on devrait en tapisser le fond de toile filtrante avant d'y déposer des rocs et des cailloux. Votre inspecteur de l'aménagement du territoire ou votre agent de la gestion des ressources peut vous informer au sujet de la toile filtrante.

Ou peut creuser des fossés de drainage dans les zones de pergélisol dont la teneur en glace est moyenne à élevée, mais on court le risque de problèmes d'entretien à cause du dégel et de l'affaissement du sol. L'emploi de tissu filtrant recouvert de roches et cailloutis réduira ce problème sans toutefois l'éliminer.

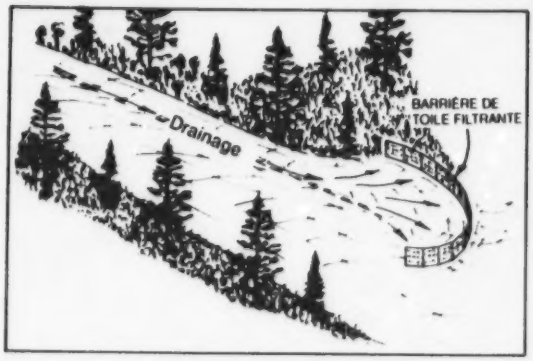
• au fond de ce fossé de drainage, on a placé une toile filtrante sous des rocs et cailloutis lesquels sont maintenus en place par un filet.

INSTALLER DES BARRAGES DANS LES FOSSÉS POUR CONTRÔLER LE DÉBIT

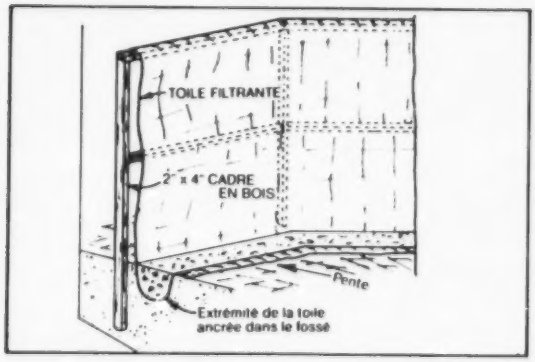
Pour ralentir l'écoulement, on devrait installer des petits barrages en entassant de la pierraille à intervalles réguliers. Une alternative aux amas de pierres serait d'empiler des sacs en toile de jute ou autre tissue remplis d'un mélange de sable et de ciment. Comme substitut à court terme et dans les cas de flot modéré, on peut bloquer le fossé à l'aide de balles de paille.

• emploi de roches pour ralentir le débit.

Les fossés de drainage devront également comporter quelques dispositifs pour collecter les sédiments, tels qu'une poche dans un virage du talus ou une barrière en toile filtrante.



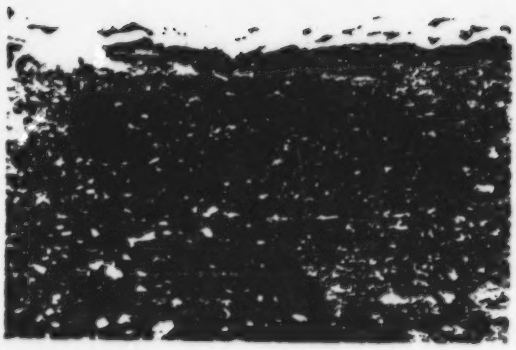
• **dans les fossés de drainage, il faut prévoir des pièges à sédiments aux points de décharge.**

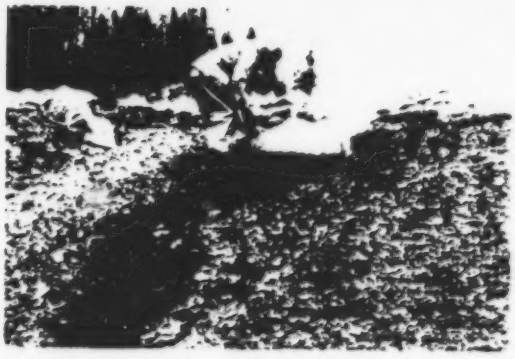


• **une barrière en toile filtrante est efficace pour collecter les sédiments.**

Toiles protectrices

Toute surface érodable inclinée à plus de 33% devrait être revêtue d'une toile ou d'un filet protecteur de l'érosion. Cette toile réduit considérablement le potential d'érosion et assure une base plus stable pour la germination des semences. La plupart de ces toiles coûte entre 1,30$ et 2,00$/m² (tarif de 1986). Votre fournisseur de semences, votre inspecteur de l'aménagement du territoire, ou votre agent de la gestion des ressources vous procureront de plus amples informations à ce sujet.





• **sur ce site, l'installation d'une toile protectrice pour freiner l'érosion, l'ensemencement et l'épandage d'engrais a contribué à un résultat remarquable.**

Chapitre 5: Revégétation

La revégétation est le processus par lequel on rétablit une couche végétale sur une surface qui a été perturbée. Elle se fait soit en favorisant le retour naturel de la végétation locale, soit en semant et en replantant des boutures.

Le cas du retour naturel de la végétation peut s'appliquer sous l'une des deux conditions suivants:

(1) La perturbation de la surface est mineure et plus de 50% des plantes ont pu conserver leurs racines.

(2) En cet endroit, l'érosion de l'eau n'est pas un problème et un rétablissement rapide de la couche végétale n'est pas jugé primordial.

Plusieurs traitements sont possibles pour stimuler le retour de la couverture végétale. Dans le cas où 50 à 75% des plantes demeurent enracinées et que l'érosion y est faible, on devrait seulement répandre des engrais. Se référer au chapitre 6 pour observer les quantités recommandées d'engrais à utiliser selon les régions. Si plus de 75% des plantes n'ont pas été dérangées, aucun traitement n'est nécessaire.

Lorsqu'on abandonne des routes ou des chemins d'accès, il se pose un cas particulier de revégétation. Seulement dans les régions isolées, on peut se permettre d'abandonner les routes telles qu'elles sont ou en labourant au dernier passage.

DISCUTER AVEC L'INSPECTEUR DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DES SOLUTIONS POUR LE RETOUR NATURE DE LA VÉGÉTATION

L'emploi de semences et d'engrais pour rétablir la nappe végétale peut s'appliquer sous les conditions suivantes:

(1) Un retour accéléré de la revégétation est désirable pour contrôler au plus vite l'érosion.

(2) Un tablier végétal s'impose pour des raisons esthétiques.

(3) On voudrait réduire la repousse des espèces locales, notamment les arbres et les buissons, de sorte à minimiser les interventions d'entretien.

Ce chapitre expose la revégétation en termes de préparation et de matériau de recouvrement de la surface, de l'époque et des méthodes d'ensemencement et d'épandage d'engrais.

AVANT D'AMORCER UN PROGRAMME DE REVÉGÉTATION, S'ASSURER QU'UN DISPOSITIF EFFICACE DE DRAINAGE SOIT EN PLACE

• un dépotoir après nettoyage et revégétation.

PRÉPARATION ET MATÉRIAU DE RECOUVREMENT DE LA SURFACE

Après avoir nivelé et installé un dispositif de drainage, on peut travailler la surface pour son ensemencement. Une préparation adéquate de la surface donnera un meilleur résultat. On devrait aplanir les monticules et combler les ornières provoquées par les travaux d'aménagement et on devrait arrondir les extrémités supérieures et inférieures des pentes.

NIVELER LES SURFACES; ARRONDIR LES EXTRÉMITÉS DES PENTES

• un site minier renivelé, prêt à recevoir une couche de terre et les semences.

5

La croûte dépouillée du sol et stockée séparemment pendant la construction devrait être maintenant répandue de nouveau sur une épaisseur d'au moins 15 cm. Dans certains cas, la quantité de ce matériau récupéré est insuffisante pour pouvoir recouvrir les surfaces perturbées, c'est pourquoi on l'utilisera de préférence aux endroits les plus fragiles tels que les pentes, ou une zone très fréquentée pour des raisons d'esthétique.

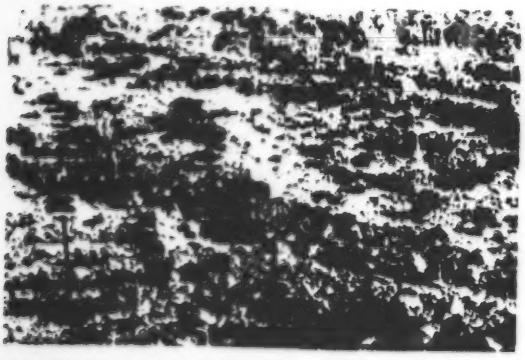
EN PREMIER LIEU, RÉPANDRE À NOUVEAU LE SOL RÉCUPÉRÉ DANS LES ZONES LES PLUS FRAGILES

• répandre à nouveau la terre dépouillée à la suite de la préparation du sol.

Les chemins et les terrassements compressés gêneraient l'assainissement du sol et devraient être labourés pour ameublir les sous-couches. Ceci s'applique aux surfaces dénudés et même celles recouvertes d'un nouveau sol.

Les pentes devraient être labourées perpendiculairement à leur inclinaison d'un sillon profond de 15 cm et espacé de 40 cm au maximum.

LABOURER LES SURFACES COMPRESSÉES ET LES PENTES



• le scarifiage du sol laisse des sillons qui procurent des microsites pour le développement des graines.

Une surface lisse ne peut pas retenir la semence qui s'éparpillerait au gré de l'eau et du vent. Il faut dépolir grossièrement la surface en labourant ou en faisant aller et reculer une excavatrice à chenilles de sorte à briser la surface et à créer des porosités où la semence et l'humidité puissent se combiner. On devrait suivre ce procédé pour toutes les surfaces qui ont été aplaties et tassées. L'appoint d'une nouvelle couche de matériau offre une bonne litière pour la semence et dans ce cas le sillonage du sol n'est pas nécessaire.

DÉPOLIR LES SURFACES APLATIES POUR FOURNIR DES PORES À LA SEMENCE

• les empreintes d'une excavatrice à chenille fournissent des microsites pour le développement des graines.

ÉPOQUE D'ENSEMENCEMENT ET D'ÉPANDAGE D'ENGRAIS

Il faut choisir le bon moment pour semer et répandre de l'engrais afin d'obtenir à la fois un excellent taux de germination et de croissance. Si l'on intervient trop tard dans la saison verte, les graines peuvent germer mais les jeunes pousses n'auront pas le temps d'accomplir un cycle de maturité pour pouvoir survivre à l'hiver.

L'ENSEMENCEMENT TARDIF DIMINUE LA CHANCE DE SURVIE DES JEUNES PLANTES

Les dates pendant lesquelles on devrait semer, sont, selon la région:

Toundra:	du 1er octobre au 1er juillet
Terre boisée:	du 1er octobre au 15 juillet
Forêt:	du 15 octobre au 30 juillet

Les premières dates représentent le moment du cycle annuel où les graines ne peuvent plus germer mais se préservent jusqu'au printemps nouveau. Les secondes dates sont les limites où l'on peut encore ensemencer de sorte à ce que les jeunes pousses se développent complètement pour résister ensuite à l'hiver.

Cependant, le meilleur des temps pour semer et fertiliser la terre, c'est le printemps, juste après la fonte des neiges et les crues, quand le sol est humide et que les températures s'adoucissent. Ce moment précis est variable selon le région mais généralement cela se passe entre la 1er mai et le 15 juin.

SILLONNER LA SURFACE DE LA NEIGE POUR FOURNIR DES PORES À LA SEMENCE

La semaison et la fertilisation peuvent néanmoins s'accomplir en automne et en hiver pendant que tout est gelé. Dans les régions isolées, il est préférable de semer à cette époque si un éventuel retour au printemps semble difficile et coûteux. On obtiendra toutefois de meilleurs résultats si l'on ensemence les terrains perturbés avant les neiges. Mais encore, il est possible d'opérer sur des terres enneigés à la condition cependant de sillonner la croûte neigeuse pour permettre aux graines de se loger.

• l'ensemencement est possible quand la couverture de neige est présente.

RESEMER LES SURFACES ÉRODABLES

Les pentes ensemencées en hiver qui sont soumises à une forte érosion devraient recevoir au printemps une couche supplémentaire de semence et d'engrais pour compenser la fraction qui aurait été emportée par les écoulements.

MÉTHODES D'ENSEMCEMENT ET D'ÉPANDAGE D'ENGRAIS

Bien qu'il existe toute une série de systèmes pour répandre la semence et l'engrais, le procédé de l'épandeur à cyclone est probablement le meilleur outil pour mener à bien des opérations de revégétation dans le Nord. Ces épandeuses sont méchaniquement simples, elles peuvent être manipulées à la main, montées derrière un camion ou accrochées sous un hélicoptère.

Un contrôle adéquat de la dispersion et une régularité de recouvrement sont des facteurs importants pour permettre le développement d'une couche uniforme de végétation. Ce qui suit donne quelques directives pour améliorer l'efficacité des opérations d'épandage.

• les épandeurs de grains à cyclone peuvent être suspendus sous un hélicoptère.

FAIRE DES ESSAIS PRÉLIMINAIRES POUR CALIBRER L'ÉPANDEUR

(1) La surface d'arrosage varie avec la densité des particules à disperser (l'engrais qui est plus lourd que le grain, se projette plus loin), la vitesse de propulsion (force centrifuge), et la hauteur de l'épandeur au-dessus du sol. Avant de démarrer les opérations de revégétation, il faut d'abord déterminer les paramètres d'épandage en fonction du choix de l'équipement et des produits, et ensuite développer conséquemment le programme de revégétation.

(2) On peut se servir grosso-modo des estimations suivantes pour considérer la largeur de dispersion:

Technique d'épandage	Largeur de dispersion (m) * Semence	Engrais
À la main	3-5	5- 8
Monté sur un camion		
faible propulsion (100-300 tpm)	3- 5	5-10
forte propulsion (500-1000 tpm)	5- 8	10-20
Suspendu à un hélicoptère (bidon à 10-15 m au dessus du sol)	10-15	20-25

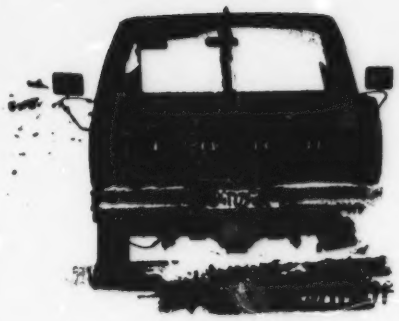
*La largeur de dispersion maximale est toutefois plus grande que les moyennes indiquées; cependant, le taux d'uniformité s'altère considérablement si l'on vise au delà de ces limites.

(3) Les semences légères et duveteuses comme celle du vulpin rampant font souvent entrave au débit de l'épandeur. Pour parer ce problème on peut acheter des graines enrobées (ou dragéifiées) ou bien simplement mélanger la semence avec de l'engrais. Dans ce dernier cas, on peut calculer la composition du mélange en fonction de la semence désignée et de l'appoint d'engrais recommandé de sorte à n'avoir à faire qu'une seule opération d'épandage. On ne devrait réaliser ces mélanges que juste avant leur emploi.

• mélange des semences et engrais.

HERSER POUR RECOUVRIR LA SEMENCE

Il est fortement recommandé de herser le sol pour recouvrir les graines afin d'en faciliter la germination et la croissance. Le hersage conventionnel donne le meilleur rendement, cependant tirer à la traîne un rouleau-brosse, des chaînes lourdes, ou d'autres objets dentés, donne aussi des résultats satisfaisants.



• l'emploi d'une herse améliorera la germination des graines et leur développement.

PLANTER DES ARBUSTES POUR PERMETTRE UNE FORCE SUPPLÉMENTAIRE DE STABILISATION DE LA SURFACE

UTILISATION DE PLANTES LIGNEUSES

La plantation d'arbrisseaux, par comparaison aux herbes, renforce davantage les sous-couches. Les racines d'arbustes sont plus vigoureuses que celles des herbes et après quelques années de croissance, ils apportent une force de cohésion considérable à l'intérieur même de la couche de surface. De plus, les arbustes peuvent être plantés là où la semence risque d'être facilement emportée par l'érosion superficielle.

On peut utiliser les arbustes pour:

- protéger les sous-couches dans les coupes transversales inclinées
- maintenir les talus de diversion
- protéger les rives d'une rivière et améliorer l'environnement naturel

Une méthode pratique et efficace pour établir des buissons est de planter des boutures prises sur des arbustes voisins de la zone à restaurer. Le saule, une espèce commune dans le Nord, donne des boutures qui repoussent très bien (on discute du saule en détail, plus loin). D'autres espèces tel que le peuplier (tremble et baumier) peuvent être choisies mais à moindre succès par comparaison au saule.

Conditions du sol

Le saule s'adapte généralement sur une grande échelle d'humidité du sol, cependant il pousse en terrain limoneux, d'humide à mouillé.

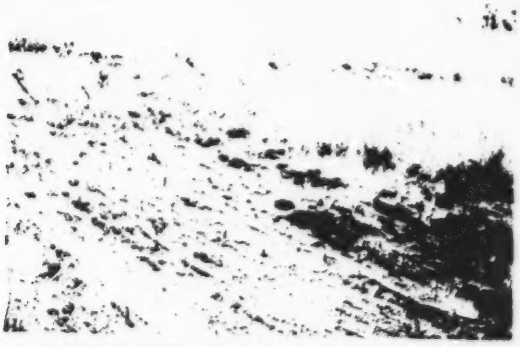
Cueillette de boutures

Les saules se trouvent souvent le long des ruisseaux, et particulièrement dans les zones de crues. On peut couper les boutures et les planter au printemps jusqu'au début de l'été.

• **saules dans une plaine de crues.**

RECHERCHER LES SAULES DANS LES ZONES DE CRUES

On ne devrait prendre de boutures que sur les plantes vigoureuses et en bonne condition, et qui poussent bien exposées au soleil. Il est préférable de couper des tiges droites, ayant une écorce lisse et d'un diamètre de 1 à 2 cm, puis de les réduire en sections de 25 à 35 cm de long en taillant les extrémités et toutes les branches latérales portant des feuilles.



• **ces boutures de saule, lorsqu'elles se développeront, vont améliorer la stabilité de cette pente.**

PLANTER DES BOUTURES DANS LES 24 HEURES APRÈS LEUR CUEILLETTE

Méthodes de stockage des boutures

Pour obtenir les meilleurs résultats, la cueillette et la plantation des boutures devrait s'effectuer le même jour. Toutefois, on peut garder les boutures jusqu'au lendemain sans trop perdre de leur vigueur, en les conservant immergées dans l'eau.

Plantation des boutures

Les boutures devraient être plantées dans un quadrillage régulier d'une densité proportionnelle à la condition du terrain et de son degré d'exposition face à l'érosion. Ainsi, l'intervalle entre deux boutures peut varier de 30 cm dans une zone fortement érodable jusqu'à 100 cm dans une zone faiblement érodable. On enfonce les boutures d'une profondeur de 15 à 25 cm et d'un angle variant de 30° à 45°. Pour éviter de casser les tiges en les enfonçant, on peut faire un avant-trou avec une sonde ou un couteau. Tasser fermement la terre autour de la tige après l'avoir plantée.

• **les boutures de saule ont contribué à stabiliser cette pente perturbée.**

Chapitre 6: Recommandations de mélanges de semences et d'engrais

MÉLANGES DE SEMENCES RECOMMANDÉS

La sélection d'un mélange de semences approprié se détermine par rapport à la région à restaurer où se tiennent les aménagements et le degré hygrométrique du sol à cet endroit.

La végétation de la région se détermine d'après les caractéristiques données dans le tableau de la page 8. Dans chacune des régions, un mélange de semences est recommandé selon:

(1) les zones où le sol est de sec à humide

(2) les zones où le sol est d'humide à mouillé, ce qui comprend les zones de crues au printemps.

Des mélanges de semences ne sont disponibles que pour la région de la terre boisée – toundra, et celle de la forêt. Rien n'est précisé au sujet de la région du désert polaire étant donné que les recherches actuelles n'ont pas encore pu trouver d'espèces disponibles sur le marché qui puissent s'adapter à cette région.

DÉTERMINER LE TYPE DE LA RÉGION À RESTAURER ET LE DEGRÉ HYGROMÉTRIQUE DU SOL

Les zones inclinées sont généralement de sèches à humides. En terrain plat, l'humidité du sol peut varier sur toute l'échelle de sec à mouillé selon la texture du sol et le pergélisol. Les sols sableux et caillouteux sont généralement de secs à humides pendant la saison de croissance, tandis que les sols à texture plus fine (limoneuse et argileuse) sont plutôt d'humides à mouillés. Cependant, l'imperméabilité d'une couche de pergélisol trop proche de la surface peut y créer des poches d'eau quel que soit le terrain et lui donner une condition d'humide à mouillée.

CARACTÉRISTIQUES DES MÉLANGES DE SEMENCES RÉGIONS DE LA TOUNDRA ET DE LA TERRE BOISÉE

Espèces	Variétés	% en poids
Degré hygrométrique du sol: sec à humide		
Fétuque rouge rampante (festuca)	Arctared	10
Fétuque dure (festuca)	Durar	10
Agropyre mince triticum	Revenue	40
Fléole des prés (phleum pratense)	Engmo	5
Fausse ivraie (lolium)	Prolific	35
Degré hygrométrique du sol: humide à mouillé		
Pâturin du Kentucky (poa pratensis)	Nugget	10
Fétuque rouge rampante (festuca)	Arctared	25
Fléole des prés (phleum pratense)	Engmo	10
Vulpin rampant (alopecurus)	Commun ou Garrison	20
Fausse invraie (lolium)	Prolific	35

CARACTÉRISTIQUES DES MÉLANGES DE SEMENCES RÉGIONS DE LA FORÊT

Espèces	Variétés	% en poids
Condition de l'endroit: sec à humide		
Fétuque rouge rampante (festu)	Boréal	20
Fétuque dure (festuca)	Durar	10
Agropyre mince (triticum)	Revenue	30
Brome des pres (bromus)	Manchar	30
Fleole des pres (phleum pratense)	Climax	4
Luzerne (medicago sativa)	Anik ou Drylander	6
Condition de l'endroit: humide à mouille		
Pâturin du Kentucky (poa pratensis)	Commun	12
Vulpin rampant (alopecurus)	Commun ou Garrison	35
Millet long (phalaris)	Vantage	35
Agrostide blanche (foin follette)	Commune	3
Trèfle d'Alsike (trifolium hybridum)	Aurora	15

Dans les zones ou la chimie du sol peut poser des problèmes à la revégétation, telles que les zones de remblayage d'un bassin à boue de forage ou celles d'un dépotoir de déchets miniers, un spécialiste de la régénération des sols devrait être consulté et l'inspecteur de l'aménagement du territoire peut procurer les renseignements nécessaires à ce sujet.

Taux d'ensemencement

La quantité de graines ensemencée à l'hectare dépend du facteur d'érosion de l'endroit. L'érosion s'accroit avec l'inclinaison. Une pente d'inclinaison inférieure à 12%, devrait être traitée à 30% kg/ha de semences, mais supérieure à 12%, 50 kg/ha. *

AUGMENTER LE TAUX D'ENSEMENCEMENT DANS LES ZONES SENSIBLES À L'ÉROSION

POUR UN CONTRÔLE IMMÉDIAT MAIS TEMPORAIRE DE L'ÉROSION, UTILISER DES ESPÈCES ANNUELLES

* Consulter la table d'équivalence de l'appendice B pour établir au besoin une conversion des unités du système métrique ou impérial pour calculer le taux d'épandage de semences ou d'engrais.

• la régénération de ce dépotoir, lequel est l'objet de problèmes d'érosion, nécessite l'intervention d'un spécialiste.

Ensemencement annuel

L'ensemencement d'espèces annuelles telles que l'orge ou le seigle peut être pratiqué pour procurer un moyen rapide et bon marché mais temporaire de contrôle de l'érosion dans certains cas tel que sur les tas de stockage de sol. Les herbes annuelles se développent plus rapidement que les herbes perpétuelles et produisent une nappe végétale qui dure toute l'année. On devrait répandre les graines à 30 kg/ha et fertiliser le terrain selon les recommandations prescrites pour la région concernée.

N'UTILISER QUE LA SEMENCE CERTIFIÉE CANADA NO. 1

Commande de semences

Lorsqu'on commande les semences, on doit identifier les variétés requises et indiquer qu'on désire la qualité Canada No. 1 certifiée. Cette qualité garantit un taux satisfaisant de germination et d'adaptation, et une quantité minimale de graines donnant de mauvaises herbes. La certification des semences assure l'utilisation d'espèces homologuées et rejette à priori celles qui auraient du mal à s'adapter à la région. Les semences commercialisées sous l'étiquette Canada No. 1 mais dont l'étiquette ne précise pas la marque de certification, devraient être evitées dans la mesure du possible car la pureté du produit n'est pas garantie.

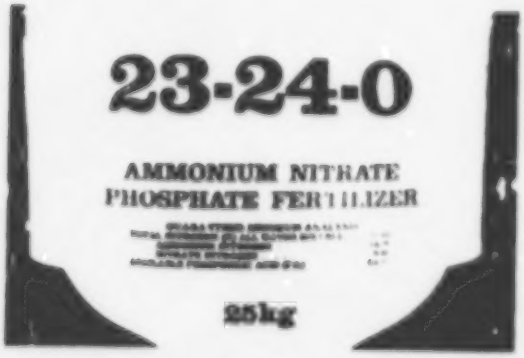
On peut acheter les semences dans différentes sociétés commerciales. Les graineiers les plus sérieux procurent à la demande un certificat d'analyse pour chacune des espèces disponibles. Ce certificat d'analyse garantit la pureté du produit et spécifie le taux de germination, ainsi que les fractions et la nature des impuretés.

• n'utiliser que la semence certifiée Canada No. 1

LES TERRES DU NORD SONT FAIBLES EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET ONT BESOIN D'ENGRAIS

ENGRAIS RECOMMANDÉS

Il faut fertiliser le sol pour accélérer le processus d'un retour complet de la végétation, surtout dans les régions nordiques où le sol est presque toujours faible en éléments nutritifs. Bien que seule l'analyse du sol soit le moyen le plus précis pour déterminer la nature de l'engrais dont le sol a besoin, de nombreuses recherches ont fait ressortir quelques règles empiriques qui semblent satisfaisantes pour la plupart des sols.



• cet engrais contient 23%N, 24% P_2O_5 et pas de K_2O.

L'épandage d'engrais suggéré est tel que:

RÉGION DE LA TOUNDRA

Azote (N):	50-75 kg/ha
Phospore (P_2O_5):	100-150 kg/ha
Potassium (K_2O):	50-75 kg/ha

Répandre grosso-modo les engrais dans un rapport de 1:2:1

RÉGION DE LA TERRE BOISÉE ET LA FORÊT

Azote (N):	50-100 kg/ha
Phospore (P_2O_5):	50 kg/ha
Potassium (K_2O):	50 kg/ha

Répandre grosso-modo les engrais dans un rapport de 1:1:1 ou bien 2:1:1.

En doublant l'élément nutritif azote, N, on peut augmenter considérablement la croissance d'une plante. Et d'une façon générale, si l'on veut regénérer rapidement une couche herbeuse dès la première saison de croissance, on peut y parvenir en doublant le taux d'épandage de n'importe quel mélange d'engrais recommandé.

• l'épandage de semences et d'engrais (photo du haut) aboutit à une meilleure couverture végétale que l'épandage de graines seulement (photo du bas).

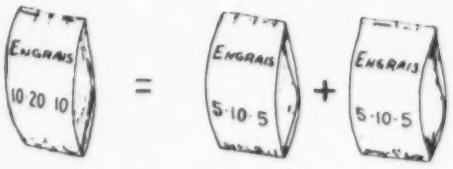
Les proportions des trois éléments nutritifs mentionnés ci-dessus sont directement réalisées en achetant un mélange correspondant d'engrais commercialisé. À l'aide de ces recommandations, tout fournisseur peut vous sélectionner le meilleur des mélanges d'engrais qui conviendrait à votre cas. Voici quelques directives qui pourraient vous aider dans cette démarche:

(1) Les engrais ont un code qui désigne le pourcentage en poids de chacun des trois éléments nutritifs du mélange: N, P_2O_5 et K_2O. Par exemple, un engrais 10-20-10 contient 10% de N, 20% de P_2O_5 et 10% de K_2O. Par conséquent, 100 kg de cet engrais contient 10 kg de N, 20 kg de P_2O_5 et 10 kg de K_2O; les 60 kg restant sont un constituant inerte.

(2) Pour mieux considérer les volumes de livraison, il est important de remarquer qu'un engrais 10-20-10 contient le même rapport d'élément nutritif qu'un engrais 5-10-5 (c'est à dire un rapport 1:2:1). Cependant, le premier engrais a une valeur nutritive deux fois plus grande que le second, ou en d'autres termes, 50 kg d'engrais 10-20-10 sont équivalents à 100 kg d'engrais 5-10-5.

Votre agent de la gestion des ressources peut également vous prêter assistance pour déterminer vos besoins d'engrais.

COMPRENDRE LE CODE DES ENGRAIS EST IMPORTANT POUR CALCULER LES QUANTITÉS REQUISES



- **plus la concentration en élement fertiles d'un engrais est grande, plus le volume à utiliser est petit.**

Chapitre 7: Contrôle

Le contrôle de la stabilisation du terrain, du retour de la végétation et de son développement, est nécessaire pour s'assurer du succès de l'objectif de la régénération du sol, sinon il faut trouver un remède en conséquence. Il permet également de percevoir une idée globale sur ce qui s'est passé au cours du temps après les travaux de restauration, de sorte qu'au besoin, on puisse dorénavant intervenir à ce sujet de façon encore plus adequate lors d'un futur programme d'aménagement dans le Nord.

CONTRÔLER LE PROGRÈS DE RÉGÉNÉRATION DU SOL POUR REPÉRER LES ZONES FAIBLES QUI AURAIENT BESOIN D'UNE AUTRE INTERVENTION ET POUR S'AMÉLIORER AU COURS D'UN AMÉNAGEMENT FUTUR

Pour vérifier le succès de la restauration et éventuellement la nécessité de réintervenir, on peut laisser le soins du contrôle soit à l'initiateur du projet, soit aux officiels gouvernementaux (l'Agent de la Gestion des Ressources, l'Inspecteur de l'Aménagement du Territoire), afin de s'assurer que toutes les clauses et les conditions se rattachant au permis et à la licence d'exploitation, soient respectées.

Le contrôle de la régénération du sol peut inclure un certain nombre de paramètres selon les objectifs du projet. Dans la plupart des cas, cela consiste à rassembler des informations telles que des parametres sur les plantes dont la composition des espèces, le pourcentage recouvert, la vigueur, on bien des relevés d'observation concernant la stabilisation de la surface. Ce genre d'informations est nécessaire pour évaluer e réaméliorer au besoin tout programme de restauration.

On demande d'effectuer des observations de contrôle sur des sections transversales en suivant les directives présentées ci-dessous. Ces opérations sont relativement faciles à mener et fournissent une précieuse information à la fois aux responsables du projet et au personnel d'inspection car on peut s'en instruire pour l'avenir.

ÉTABLIR LES SECTIONS DE CONTRÔLE

(1) Les sections de contrôle sont des lignes de longueur variable mais le plus souvent entre 5 et 30 m selon la dimension de l'aire perturbée. On déploie un ruban d'arpenteur entre deux points de repère permanents et on fait toute une série d'observations sur les plantes et le sol qui sont adjacents à la bande.

• relèvement d'information le long d'une section de contrôle.

(2) Les sections de contrôle devraient être soigneusement choisies pour être suffisamment représentatives de l'endroit. Les informations recueillies progressivement en fonction du temps sur ces surfaces rectilignes ne sont spécifiques précisément qu'à cette ligne de contrôle. Cependant, si l'on a choisi une ligne de contrôle de sorte à ce qu'elle soit semblable à, ou qu'elle reflète une idée moyenne de l'ensemble de la surface restaurée, les informations de cette ligne de contrôle peuvent être considérées comme étant représentatives de cette plus grande surface. En sélectionnant une zone représentative, on devrait uniformiser certains facteurs tels que le degré hygrométrique, l'inclinaison, et la nature des matériaux de surface.

(3) Dans le cas d'une grande surface perturbée, on devrait établir plusieurs lignes de contrôle pour représenter cette surface. Le nombre de lignes de contrôle à selectionner est une question de propre jugement et d'expérience, mais il faut tenir compte que la précision des renseignements sur une zone restaurée s'accroît avec le nombre de ses lignes.

• **le balisage (piquet et étiquette) au début de chaque section de contrôle facilite les références futures.**

• **un autre drapeau, attaché à un arbre, permet de repérer une section de contrôle.**

(4) Il faut baliser les lignes de contrôle choisies avec des drapeaux et des piquets solidement enfoncés pour résister aux élements naturels. Dans la plupart des cas, les piquets en bois sont suffisants, à la condition qu'ils soient robustes. Si le pergélisol est proche de la surface, des piquets métalliques pourraient être nécessaires. Ajuster la hauteur des piquets dans un zone dégagée de sorte à ce qu'ils ne consitituent pas un danger pour les hélicoptères. On devrait peindre les piquets d'une couleur vive pour qu'on puisse les retrouver facilement en revenant plus tard sur les lieux, et on devrait aussi leur accrocher une étiquette en métal indiquant le code de l'endroit. On peut utiliser un stylo graveur bon marché pour répertorier les étiquettes métalliques. S'il y a des arbres à cet endroit, on recommande d'y attacher une deuxième étiquette métallique.

(5) Les information relevés en un endroit peuvent varier selon les objectifs du projet mais elles devraient comprendre:

(1) Le genre de la perturbation

(b) La condition de la surface au moment de la semaille, la nature des matériaux de surface (organique ou minéral), et une estimation de la texture du sol.

(c) Les espèces et les engrais utilisés, le taux et la date de leur épandage.

(d) L'espect général de la topographie et du drainage, l'inclinaison.

Une esquisse grossière de l'endroit est souvent utile, et des photographies de la bande de contrôle consitituent un moyen excellent pour suivre les changements en fonction du temps. À des fins plus utiles, on devrait prendre annuellement des clichés du même endroit. En plus des photos de détails le long de la ligne de contrôle, on devrait aussi prendre une photographie générale de l'endroit où figure la section de contrôle. Une fiche de 3 x 5 pouces comportant la date et le numéro de la zone devrait être ajoutée au premier plan de chaque photo pour faciliter l'identification des prises de vues et leur comparaison en une date ultérieure.

On devrait poursuivre ce contrôle annuellement jusqu'à ce que les zones de régénération se soient stabilisées, ce qui se produit normalement en deux ans, mais parfois plus longtemps pour des zones qui ont été fortement perturbées. On contrôle mieux l'écoulement et les dispositifs de drainage au printemps à la suite de la fonte, tandis que le retour de la végétation s'observe mieux en été.

• **photos et croquis constituent une part importante dans le rassemblement des données des sections de contrôle.**

Références Recommandées

Affaires Indiennes et du Nord Canadian, 1982. Guide de l'environnement: carrières et sablières

Affaires Indiennes et du Nord Canadien, 1983. Lignes directrices de l'utilisation des terres: exploration minière.

Affaires Indiennes et du Nord Canadian, 1984. Lignes directrices de l'utilisation des terres: routes d'accès et sentiers.

Affaires Indiennes et du Nord Canadien, 1986. Directives environnementales opérationnelles: chantiers de forage de puits d'hydrocarbure dans le nord du Canada.

Toutes ces brochures sont disponibles dans les bureaux des AINC à Ottawa, Yellowknife, et Whitehorse.

Appendice A
Expressions d'une Pente

INCLINAISON (%)	ANGLE APPROXIMATIF (DEGRÉS)	RAPPORT HORIZONTAL/VERTICAL APPROXIMATIF
5	3	20 à 1
10	6	10 à 1
12	7	8 à 1
15	9	7 à 1
20	11	5 à 1
25	14	4 à 1
30	17	3,3 à 1
33	18	3 à 1
50	27	2 à 1

Appendice B
Table d'équivalence pour l'utilisation de mélanges à semences et d'engrais

1 kg	=	1000 g	=	2,2 livres		
1 ha	=	10 000 m²	=	2,47 acres	=	107 639 pieds carrés
50 kg/ha	=	5 g/m²	=	44,5 livres/acres	=	1,0 livre/1000 pieds carrés
30 kg/ha	=	3 g/m²	=	26,7 livres/acres	=	0,6 livre/1000 pieds carrés

Appendice C
Liste des Bureaux des A.I.N.C.

TERRITOIRES DU NORD-OUEST

Chef régional
Ressources foncières
AINC
C.P. 1500
Yellowknife (T.N.-O.) X1A 2R3

Superviseur de district
AINC
C.P. 2500
Yellowknife (T.N.-O.) X1A 2P8

Chef de district
AINC
C.P. 658
Fort Smith (T.N.-O.) X0E 0P0

Chef de district
AINC
C.P. 2100
Inuvik (T.N.-O.) X0E 0T0

Chef de district
AINC
Fort Simpson (T.N.-O.) X0E 0N0

Chef de district
AINC
Rankin Inlet (T.N.-O.) X0C 0G0

Chef de district adjoint
AINC
Baker Lake (T.N.-O.) X0C 0A0

Chef de district
AINC
Iqaluit (T.N.-O.) X0A 0H0

Agent de la gestion des ressources
AINC
Hay River (T.N.0.) X0E 0R0

Agent de la gestion des ressouces
AINC
C.P. 126
Norman Wells (T.N.-O.) X0E 0V0

Agent de la gestion des ressources
AINC
C.P. 126
Fort Liard (T.N.-O.) X0G 0A0

YUKON

Chef régional
Ressources foncières
a/s Division de l'aménagement du terriaire
AINC
200, Range Road
Whitehorse (Yukon) Y1A 3V1

Agent de la gestion des ressources
AINC
C.P. 289
Watson Lake (Yukon) Y0A 1C0

Agent de la gestion des ressources
AINC
Teslin (Yukon) Y0A 1B0

Agent de la gestion des ressources
AINC
200, Range Road
Whitehorse (Yukon) Y1A 3V1

Agent de la gestion des ressources
AINC
C.P. 5370
Haines Junction (Yukon) Y0B 1L0

Agent de la gestion des ressources
AINC
Beaver Creek (Yukon) Y0B 1A0

Agent de la gestion des ressources
AINC
Carmacks (Yukon) Y0B 1C0

Agent de la gestion des ressources
AINC
Ross River (Yukon) Y0B 1S0

Agent de la gestion des ressources
AINC
C.P. 100
Mayo (Yukon) Y0B 1M0

Agent de la gestion des ressources
AINC
C.P. 279
Dawson City (Yukon) Y0B 1G0

Glossaire Alphabétique

Bruyère – Variété de plantes communes qui poussent en petits buissons, par exemple l'airelle (ou le bleuet), la camarine noire (ou la graine à corbigeau), la canneberge, etc.

Couche active – La couche superficielle du sol, qui s'étend au-dessus du tablier de pergélisol, et qui se dégèle en été et regèle en automne.

Graine enrobée – Semence dont les graines ont été recouvertes d'une substance pour faciliter l'épandage ou la germination et la croissance. Le vulpin rampant par exemple donne des graines si légères et floconneuses qu'elles feraient obstacle au mécanisme distributeur d'une épandeuse à grains. On élimine ce problème en revêtant le semence d'un film argileux. De plus le revêment permet aux graines de se stabiliser dans le sol et accélère la germination en absorbant l'eau.

Habitat naturel – Un endroit spécifique où une plante et un animal (ou un groupe de plantes et d'animaux) vivent et se développent ensemble.

Hersage – Le fait de recouvrir la semence avec la terre en traînant un outil denté le long de la surface.

Lande aride – Un terrain dénudé où la végétation est stérile.

Ligne de déjection – Une ligne imaginaire qui montrerait le chemin d'écoulement de l'eau le long d'une pente.

Limite des arbres – La limite septentrionale ou, dans les montagnes, l'altitude limite, de croissance des arbres.

Linaigrette – Une espèce de la famile ériophorum qui pousse en monticule touffu de 30 cm de haut et qui comprend des tiges, des feuilles et des extrémités cotonneuses. Les touffes de linaigrette ont la forme d'un parapluie et on les trouve surtout dans les prairies de la toundra.

Marécage – Un terrain organique humide qui se caractérise par une végétation de mélèzes, de bouleaux nains, de saules et de mousses.

Pergélisol instable à la fonte – Une couche de pergélisol qui, lorsqu'elle est soumise au dégel, perd énormément de sa rigidité, donne un temps de fonte très long et provoque un affaissement de terrain; il s'agit d'une conséquence directement liée avec un excès de glace dans la couche.

Pergélisol stable à la fonte – Une couche de pergélisol qui, lorsqu'elle est soumise au dégel, conserve assez bien sa rigidité, ne donne pas un temps de fonte très long, et n'implique pas d'affaissement de terrain.

Scarifiage du sol – La fait d'écroûter le sol sans toutefois le retourner, en traînant des objets dentés le long de la surface. Le scarifiage, que l'on peut effectuer en tirant un tronc d'arbre branchu, dépolit le sol et crée des aspérités où pourront se loger et se développer les graines d'une semence.

Sol à texture fine – Un terrain composé essentiellement d'argile et de limon argileux.

Sol à texture granuleuse – Un terrain composé surtout de cailloutis, de sable, et de limon sableux.

Sol à texture moyenne – Un terrain composé essentiellement de limon bourbeux et de vase.

Sol minéral – Un sol riche en produits minéraux. Il contient moins de 17% de composés carbonés à l'exception de la nappe superficielle (d'environ 40 cm d'épaisseur).

Sol organique – Un sol qui s'est développé surtout à la suite de dépôts organiques. Il contient plus de 17% de composés carbonés et constitue une couche d'au moins 40 cm d'épaisseur.

Tourbière – Un îlot de terrain organique que i'on reconnaît par une végétation d'épinettes, de thé du Labrador et de mousses.

Viabilité d'une semence – Le taux des grainesensemencées qui parviennent à germer.